

Ewald HIESEL

Sigrid SCHARF

Reports

UBA-91-051

**GRUNDWASSERUNTERSUCHUNG
IM BEREICH EINER TANKSTELLE
IN FELS AM WAGRAM (NÖ)**

Wien, Dezember 1991

Bundesministerium für Umwelt,
Jugend und Familie



Projektleitung / Berichterstellung: E. Hiesel, S. Scharf

Probenahme: E. Hiesel, H. Weber

Nivellement: H. Herlicska

Anorganische Analytik:

IC, Titrationsen, UV-Spektroskopie: R. Eckhart, G. Hobiger, Ch. Schütz, R. Viktorik
ICP-Analytik: E. Auer, R. Bürkl

Organische Analytik:

IR-Spektroskopie, Elisa: P. Reisinger, S. Stapleton
Benzol, Toluol, Xylole, Screening mit GC-IRD-MSD: Ch. Lesemann
Elektrochemische Summenparameter: E. Frank, S. Hotavec, R. Oppolzer, R. Ulreich
Chlororganische Einzelverbindungen, Triazine mit GC: W. Hartl, M. Heinrich
Screening mit GC-MS, GC-FID, GC-ECD: W. Moche, F. Svabenicky

Texterstellung: A. Klausz, Ch. Pfeiffer

EDV-Graphik/Edit. Betreuung: J. Mayer

An dieser Stelle sei den Gemeindevertretern Bgm. F. Sauerstingl, A. Fahrngruber und insbesondere Wassermeister E. Frauenhofer für die Unterstützung bei der Durchführung dieses Projektes gedankt.

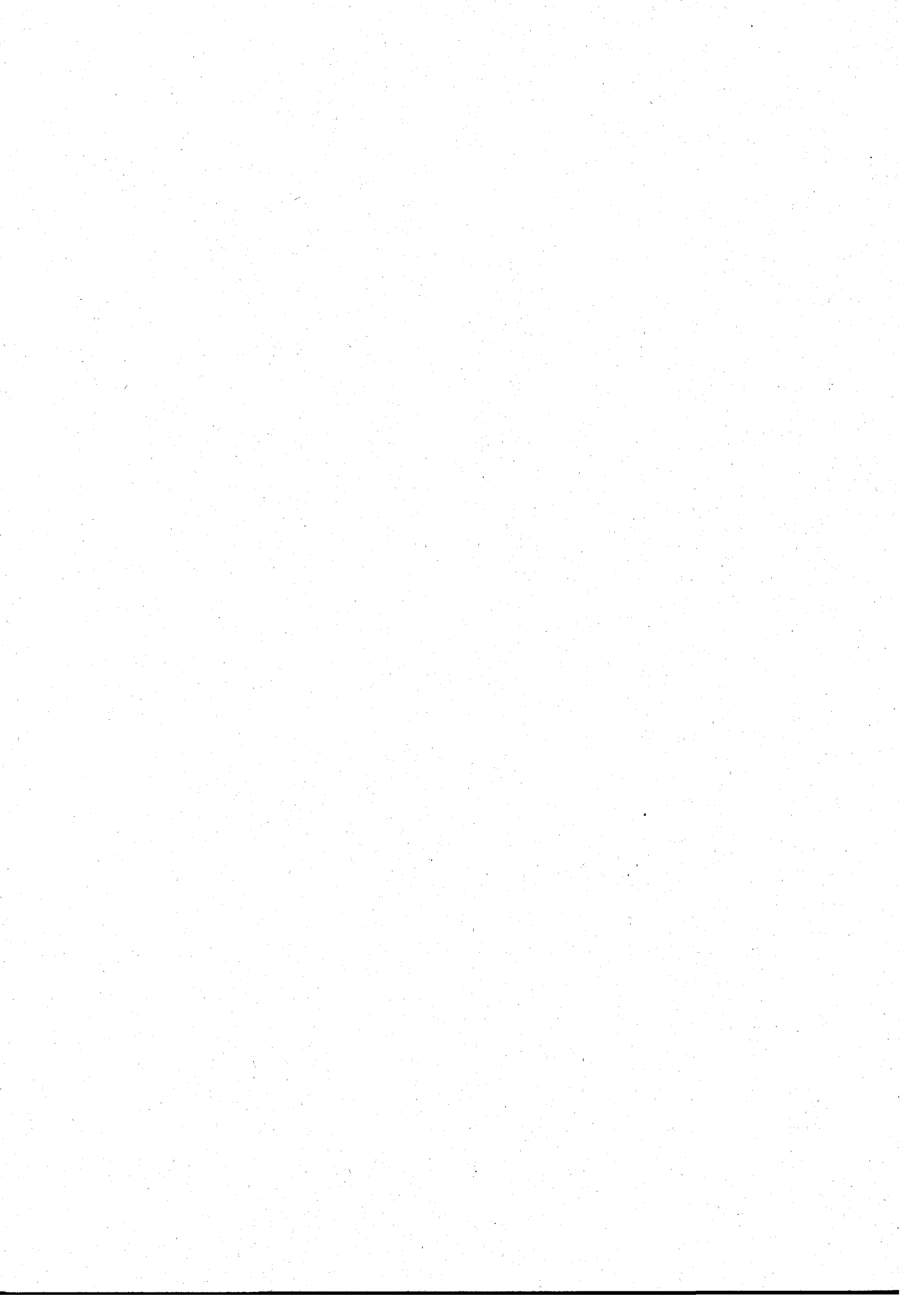
Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5
Karten vervielfältigt mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien, Zl. L 70 063/92.

- Umweltbundesamt, Wien, Dezember 1991
Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-066-X

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung / Summary	i
1 Einleitung und Problemstellung	1
1.1 Der Tankstellenunfall vor zwanzig Jahren	2
2 Beschreibung des Probenahmegebietes	5
2.1 Geologie	5
2.2 Allgemeine Gebietsbeschreibung	6
2.3 Grundwasserströmungsverhältnisse in Fels am Wagram	9
2.4 Beschreibung der untersuchten Brunnen	14
3 Probenahmen und Beschreibung der Analysemethoden	17
3.1 Probenahmen	17
3.2 Beschreibung der Analysemethoden	17
3.3 Diskussion einiger ausgewählter organischer Summenparameter	19
3.3.1 Summe der Kohlenwasserstoffe	19
3.3.2 Adsorbierbare organische Halogene (AOX)	22
3.3.3 Pestizidscreening mittels ELISA-Technik	23
3.3.4 Organisches Screening	27
4 Darstellung der Untersuchungsergebnisse	31
4.1 Analyseergebnisse der einzelnen Probenahmen	31
4.2 Ergebnisse der Screeninguntersuchungen	71
5 Zusammenfassende Betrachtung und Interpretation der Analyseergebnisse	81
5.1 Physikalisch-chemische und anorganische Parameter	81
5.2 Organische Parameter	87
6 Anhang	97
Methodenverzeichnis	97
Abbildungsverzeichnis	105
Tabellenverzeichnis	107
Literaturverzeichnis	109



Grundwasseruntersuchung im Bereich einer Tankstelle in Fels am Wagram / NÖ (UBA-Report 91-051) – Zusammenfassung

Aufgrund eines Hinweises auf den intensiven Benzingeruch in einem Grundwasserbrunnen in der Nähe einer aufgelassenen Tankstelle in der niederösterreichischen Gemeinde Fels am Wagram wurde vom Umweltbundesamt im Juni 1989 eine Wasserprobe aus diesem Hausbrunnen entnommen und bei der Analyse eine vierfache Überschreitung des Trinkwassergrenzwertes für die Summe der Kohlenwasserstoffe festgestellt (0,43 mg/l; Grenzwert: 0,1 mg/l).

Um das gesamte Ausmaß dieser organischen Verunreinigung zu erfassen und genauere Angaben über die qualitative Beeinträchtigung des Grundwassers in diesem Bereich machen zu können, wurden im Rahmen der Umweltkontrolle im Oktober und November 1989, sowie im März 1990 bei zehn Hausbrunnen im Umfeld der Tankstelle Grundwasserproben gezogen und auf verschiedene organische und anorganische Parameter analysiert.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen, wobei ausschließlich Hausbrunnen im Ortsbereich, also im verbauten Gebiet beprobt wurden, zeigten anthropogen bedingte Verunreinigungen in unterschiedlichem Ausmaß auf.

Die bei sämtlichen Untersuchungen nachgewiesenen Grenzwertüberschreitungen beim Summenparameter Kohlenwasserstoffe (von 0,15 mg/l bis 0,43 mg/l) in dem nach Mineralölprodukten riechenden und als Brauchwasser verwendeten Grundwasser eines Brunnens sind wahrscheinlich auf seine Lage in unmittelbarer Nähe der im Jänner 1989 aufgelassenen und im April 1990 abgebrochenen Tankstelle zurückzu-

führen. Aus den Analyseergebnissen kann jedoch auf kein spezielles Mineralölprodukt rückgeschlossen werden. Alle anderen im Umfeld der Tankstelle gezogenen Grundwasserproben weisen keine erhöhten Werte an Kohlenwasserstoffen auf.

Das Grundwasser der untersuchten Hausbrunnen ist als hart bis sehr hart zu bezeichnen. Auffallend neben den hohen Werten für die elektrische Leitfähigkeit, den Karbonathärten und den hohen Konzentrationen an Calcium- und Magnesiumionen sind die in fast allen Proben stark erhöhten Kaliumgehalte, wobei der Maximalwert von 225 mg/l elfach über dem Richtwert (20 mg/l) liegt. Der Grenzwert für Sulfat (250 mg/l) wurde bei vier Brunnen überschritten (Höchstwert: 384 mg/l). Richtwertüberschreitungen mußten auch noch bei Natrium, Nitrit, Ammonium, Phosphat, Eisen und Mangan festgestellt werden. Als relativ hoch sind auch die Chloridwerte anzusehen.

Weiters wurden in den zehn Brunnen Nitratgehalte von < 2 mg/l bis zu einem Maximum von 146 mg/l (Grenzwert: 100 mg/l) festgestellt, wobei die höheren Nitratwerte auf lokale Verunreinigungen zurückzuführen sein dürften, eine Überlagerung verschiedener Verunreinigungsquellen (punktuell und flächenhaft) aber nicht auszuschließen ist.

Das Auftreten sehr hoher Atrazinegehalte (von 11 µg/l bis 16,8 µg/l; Grenzwert: 2 µg/l) im Grundwasser eines Hausbrunnens ist wahrscheinlich auf unsachgemäße Handhabung von Spritzmitteln zurückzuführen.

Chlorierte Kohlenwasserstoffe wurden in geringen Konzentrationen in sämtlichen

Grundwasserproben nachgewiesen. Die geographische Lage der Brunnen und die Grundwasserströmungsverhältnisse in diesem Gebiet lassen aber keine Rückschlüsse auf einen einzelnen Emittenten zu.

Die bei den vorliegenden Grundwasseruntersuchungen punktuell im Ortsgebiet auftretenden organischen und anorganischen Verunreinigungen bestätigen einmal mehr, daß Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers nicht nur in intensiv landwirtschaftlich oder industriell

genutzten Gebieten unbedingt notwendig sind, sondern auch im Siedlungsbereich, wo es aufgrund lokaler Einflüsse oftmals zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Grundwasserqualität kommen kann.

Das Umweltbewußtsein der Bevölkerung muß daher entsprechend gestärkt werden, um in Zukunft weitere Belastungen des Grundwassers, auch wenn es lokal "nur" mehr als Brauchwasser verwendet wird, zu vermeiden.

Groundwater Investigation in the Environs of a Petrol Station (Report UBA-91-051) – Summary

In the community of Fels am Wagram in Lower Austria reports were received of an intensive benzine odour coming from a groundwater well in the vicinity of an abandoned petrol station. Analysis of a water probe taken from this domestic well established that the total sum of hydrocarbons present exceeded the drinking water boundary value by several fold.

In order to determine the extent of this organic contamination and to be able to give detailed information about the qualitative impairment of the groundwater in this area, groundwater probes were taken from ten domestic wells in the environs of the petrol station. The probes were analysed for different organic and

inorganic parameters (Ca, Mg, Na, K, SO₄, Cl, NO₃, NO₂, NH₄, B, PO₄, heavy metals, DOC, AOX, chlororganic compounds, triazine etc). The results of these investigations indicated anthropogenically caused contaminations to various degrees.

The fact that the total value of hydrocarbons (hexadecane, octadecane and heneicosane were identified as separate substances) exceeded the boundary value in the above-named source is probably to be attributed to its position in the immediate vicinity of the petrol station. However, the results of the analysis do not point to a specific mineral oil product.

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Aufgrund einer Mitteilung aus der Bevölkerung der niederösterreichischen Marktgemeinde Fels am Wagram über den intensiven Geruch nach Mineralölprodukten in einem Grundwasserbrunnen in der Nähe einer Tankstelle wurde vom Umweltbundesamt im Juni 1989 eine Wasserprobe aus diesem Brunnen entnommen und analysiert.

Das untersuchte Wasser roch nach Benzin und war leicht gelblich gefärbt. In der Probe wurde eine vierfache Überschreitung des Trinkwassergrenzwertes bei Kohlenwasserstoffen nachgewiesen (0,43 mg/l; Grenzwert für die Summe der Kohlenwasserstoffe: 0,1 mg/l; Österreichisches Lebensmittelbuch, III. Auflage, Kapitel B1 "Trinkwasser", 1989). Neben dieser organischen Belastung des als Brauchwasser verwendeten Grundwassers wurden auch anorganische Beeinträchtigungen festgestellt.

Der seit 1983 bestehende Brunnen befindet sich in unmittelbarer Umgebung einer im Jänner 1989 aufgelassenen Tankstelle. Recherchen in der Gemeinde Fels ergaben, daß im Dezember 1969/Jänner 1970 aus einer undichten Leitung dieser Tankstelle mehrere hundert Liter Benzin in das Grundwasser gesickert waren.

Um genauere Angaben über die derzeitige qualitative Situation des Grundwassers und das Ausmaß der Verunreinigung in diesem Bereich machen zu können, wurden im Rahmen der Umweltkontrolle im Oktober und November 1989, sowie im März 1990 Probenahmen durchgeführt, wobei aus zehn Hausbrunnen im Umfeld der Tankstelle Grundwasserproben entnommen und auf verschiedene organische und anorganische Parameter untersucht wurden.

1.1. Der Tankstellenunfall vor zwanzig Jahren

Die im Jahre 1970 durch ein Gebrechen an der Tankstellenanlage verursachte Grundwasserverunreinigung in Fels am Wagram wurde damals in den Medien folgendermaßen kommentiert:

Zeitungsbericht vom 21. Jänner 1970:

"Benzin im Grundwasser: In Fels am Wagram in Niederösterreich sind aus der undichten Zuleitung einer Tankstelle des Ortes - offensichtlich seit Weihnachten - einige hundert Liter Benzin in das Grundwasser gesickert und haben, wie erst jetzt festgestellt wurde, mehrere Brunnen verseucht. Das verdunstende Benzin löste im Ort akute Explosionsgefahr aus. Die freiwilligen Helfer der Feuerwehr haben etwa 400 Liter Benzin aus den verseuchten Brunnen gepumpt. Mit Hilfe einer Entlüftungsvorrichtung wurden die explosiven Gase aus den Brunnenschächten des Ortes abgesaugt. Da möglicherweise aber noch Benzinstoffe in den Brunnen sind, wurden diese mit einem speziellen Bindemittel desinfiziert ..."

Die Bezirkshauptmannschaft Tulln traf im Jänner 1970 wegen der Verunreinigung des Grundwassers in Fels am Wagram mehrere einstweilige Verfügungen (Sperrung der Tankstelle, etc./Bescheid: Zahl IX-F-7/1-1970) mit folgender Begründung:

"Am 19.1.1970 wurde festgestellt, daß das Brunnenwasser der Brunnenanlage der Gastwirtschaft in Fels am Wagram Nr. 14 durch Benzin stark verunreinigt war. Durch die Feuerweherschule Tulln wurde in der Nacht vom 19.1. zum 20.1.1970 aus dieser Brunnenanlage ca. 50 Liter Benzin abgepumpt. Im Zuge der Untersuchung weiterer Brunnenanlagen wurde auch in einem anderen Brunnen (Fels am Wagram Nr. 16) Benzin festgestellt

und aus diesem Brunnen ca. 300 Liter Benzin abgepumpt. Bei einer Druckprobe wurde festgestellt, daß eine Leitung und ein Kessel der Tankstelle, welche sich ca. 100 m westlich der verseuchten Brunnen befinden, schadhaft waren."

In der Folge kam es zu einer Sperre der unterstromig der Tankstelle gelegenen fünfzehn Brunnen; für die betroffenen Anwesen wurde eine Notwasserversorgung eingerichtet. Eine Untersuchung des Grundwassers auf den Gehalt an Kohlenwasserstoffen bzw. Mineralölprodukten durch eine staatliche Untersuchungsanstalt wurde ebenfalls angeordnet.

Zwanzig Jahre nach diesem Unfall sah sich die Baubehörde wegen der beeinträchtigten Grundwasserqualität in diesem Bereich gezwungen, bei der Bauverhandlung über den Abbruch der im Jänner 1989 aufgelassenen Tankstelle zu verlangen, daß aus Umweltschutzgründen sämtliche oberirdische und unterirdische Anlagen demontiert und abtransportiert werden. Diese Arbeiten wurden im April 1990 durchgeführt.



2. BESCHREIBUNG DES PROBENAHMEGEBIETES

2.1. Geologie

Die niederösterreichische Marktgemeinde Fels am Wagram, in der die Grundwasseruntersuchungen durchgeführt wurden, liegt am nördlichen Rand des Tullner Feldes, einer von der Donau geprägten Stromlandschaft, die hier im Norden von einer markanten Geländestufe - dem Wagram - begrenzt wird (siehe Abbildung 1).

In geologischer Hinsicht gehört dieser Raum zur Molassezone und ist im wesentlichen aus oligozänen und jungtertiären Sedimenten aufgebaut. Dies sind vorwiegend Tone und Mergel, ferner Schlier (gut geschichtete, feinsandige Tonmergel), Sande, Schotter, Konglomerate, Kalke, Sandsteine und Diatomenschiefer (THENIUS, 1974).

Der Wagram, eine steil abfallende, etwa 41 km lange Geländekante, trennt die jüngere, würmzeitliche Schotterfüllung des Tullner Feldes von der älteren, höher gelegenen Wagram-Terrasse, welche zumeist eine mehrere Meter dicke Lösschicht trägt. Der Sockel des Wagram besteht östlich der Ortschaft Fels aus breitgebankten Oncophorasanden, im Bereich um Fels dominieren unterhelvetische Schliertone. Westlich von Fels verläuft der Wagram bereits im Bereich des kristallinen Grundgebirges. Der Sockel ist dort aus Schiefergneis, Amphibolit und Marmor, mit Einlagerungen von Graphit, aufgebaut.

Der Schlierton und die lettigen Zwischenschichten in den Oncophorasanden bilden ausgedehnte Quellhorizonte, denen eine Reihe ergiebiger Quellen entspringen. Über diesem Sockel breitet sich ein weiter Schotterkörper aus, an dessen Basis

eine Zone größerer Blöcke aus Granulit, Granit oder Gneis liegt (Blockzone). Das Schotterfeld des Wagram wird durchwegs an der Oberkante von einer rotbraunen Bodenbildung erfaßt. Die Verlehmung ist derart in das Schotterfeld eingedrungen, daß die Kalkgerölle in den obersten Schichten vollständig fehlen und die Kristallingerölle vielfach vermorscht sind. Selbst die Quarzgerölle sind angewittert. Der aufgelöste Kalk ist in den oberen Teilen des liegenden Schotters angereichert.

Über dem Schotterfeld mit dieser basalen Bodenbildung erhebt sich ein Lößprofil, wobei sich in den Deckschichten weitere Verlehmungszonen abzeichnen.

Dieser oben beschriebene, gleichmäßige Aufbau des Wagram in Sockel, Schotterkörper und Deckschichten zeigt sich auch in einem Aufschluß bei Fels am Wagram, wobei die Aufschließung am "Kogl" erfolgte, einem Bereich im Süden der Gemeinde, wo der Wagram verhältnismäßig steil abfällt. Der Schotterkörper ist dort gegen 5 m mächtig, weist basal eine typische Blockzone auf und liegt auf einem Schliersockel. Der Schotter ist an der Oberkante stark verlehmt und von waagrechten, bis zu 10 cm starken Kalkanreicherungen durchzogen (PIFFL, 1964).

2.2. Allgemeine Gebietsbeschreibung

Der Ortsteil von Fels am Wagram mit den für die Grundwasseruntersuchung herangezogenen Probenahmestellen liegt in einem den Wagram einschneidenden flachen Graben auf ca. 205 m Seehöhe. Weingärten und landwirtschaftlich genutzte Flächen erstrecken sich zum Teil weit in den Ortsbereich hinein und reichen nahe an die Grundstücke mit den beprobten Hausbrunnen heran.

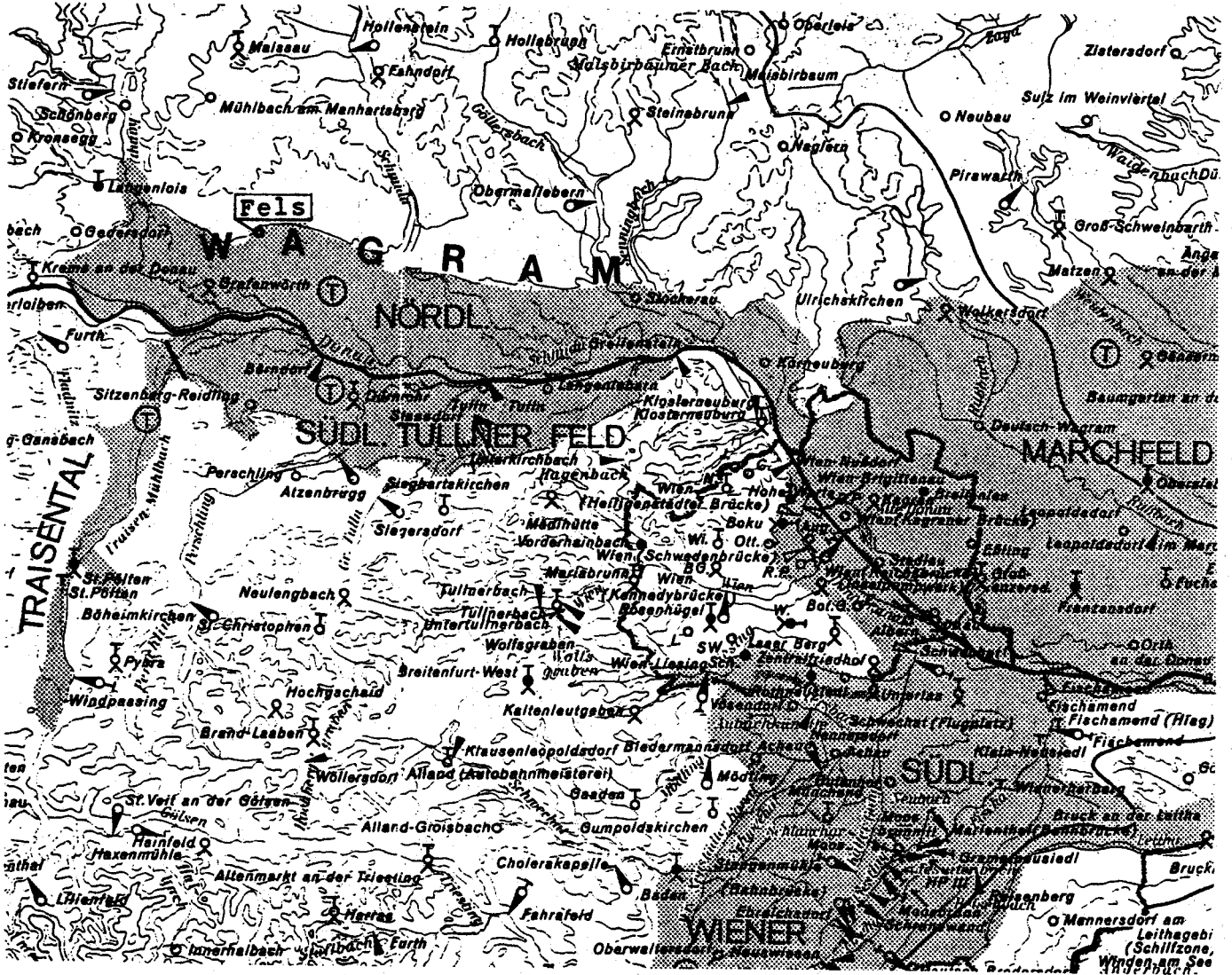
Fels am Wagram verfügt über eine Gemeindewasserversorgung (Wasserverband Wagram der Ortschaften Fels, Etsdorf und Grafenwörth), wobei die hierfür herangezogenen beiden Brunnen (ein Schacht- und ein Rohrbrunnen) in einem Brunnenfeld südwestlich der Gemeinde am Fuße des Wagram inmitten von Feldern und Weingärten liegen.

Aufgrund der in den letzten Jahren aufgetretenen Grenzwertüberschreitungen beim Nitratgehalt (mehr als 100 mg/l) im Trinkwasser aus der öffentlichen Wasserversorgung plant die Gemeinde einerseits eine großräumige Erweiterung des Wasserschutzgebietes rund um das Felser Brunnenfeld, andererseits wird die Möglichkeit eines Anschlusses an den NÖSIWAG-Brunnen in Grunddorf überprüft.

Beinahe alle Haushalte von Fels sind an die öffentliche Wasserleitung angeschlossen. Eine entsprechende Kanalisation ist seit etwa zehn Jahren vorhanden, ungeklärte Abwässer wurden bis zu diesem Zeitpunkt in den Ortsbach eingeleitet. Dieser 1959 regulierte Bach, der sich durch eine nur geringe Wasserführung (zum Zeitpunkt des im Juli 1990 durchgeführten Nivellements ca. 5 l/s) auszeichnet, durchfließt das Probenahmegebiet in einem offenen, mit Steinplatten ausgeschalteten Gerinne.

Obwohl nach dem Bau der Gemeindewasserleitung etliche Hausbrunnen zugeschüttet bzw. stillgelegt wurden, konnten noch einige funktionsfähige und für die Probenahme zugängliche Brunnen lokalisiert werden. Die Lage der insgesamt zehn im Umfeld der Tankstelle beprobten Brunnen ist aus Abbildung 2 ersichtlich.

Abbildung 1: Lage der Marktgemeinde Fels am Wagram am nördlichen Rand des Tullner Feldes/NÖ



(Karte: Hydrographisches Zentralbüro im BMfLF)

2.3. Grundwasserströmungsverhältnisse in Fels am Wagram

Da kein entsprechendes Datenmaterial über die Hydrogeologie des Gebietes zur Verfügung stand, wurde am 2. Juli 1990 von Mitarbeitern des Umweltbundesamtes ein Nivellement durchgeführt. Dabei wurden die Wasserspiegellagen sowie die Brunnensohlen der untersuchten Hausbrunnen eingemessen. Dieses Meßnetz wurde durch die Einbeziehung von drei zusätzlichen Brunnen verdichtet. Weiters wurde an mehreren Stellen die Höhenlage des Bachwasserspiegels eingemessen. Der Verlauf der Grundwasserschichtenlinien ist aus dem beigefügten Plan (siehe Abbildung 2) ersichtlich. Die angegebenen Höhen sind absolute Höhenkoten (m ü. A.).

Die Wasserspiegel der vermessenen Brunnen liegen zwischen 2,2 und 10,6 m, die Brunnensohlen zwischen 3,5 und 13,5 m unter Geländeoberkante (siehe Tabelle 1). Die Brunnen sind durchwegs als Schachtbrunnen ausgebildet, welche ihr Wasser aus einem einheitlichen Grundwasserhorizont beziehen.

Die Sohle des Baches liegt im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes ca. 50 cm, im östlichen Teil hingegen etwa 5 m über dem Grundwasserspiegel.

Ein direkter Zusammenhang zwischen dem Bachwasserspiegel und dem in weiten Bereichen wesentlich tiefer liegenden Grundwasserspiegel (durchgehende gesättigte Zone) ist äußerst unwahrscheinlich. Der 1959 regulierte Bach ist allerdings nicht gegen den Untergrund hin abgedichtet und ein Durchtritt von Sickerwasser aus dem Bachbett zum tiefer liegenden Grundwasserspiegel (über die ungesättigte Zone) ist wahrscheinlich.

Die Grundwasserströmung im Bereich des Probenahmegebietes der Gemeinde Fels am Wagram verläuft generell in südöstlicher Richtung. Verschwenkungen der Grundwasserschichtenlinien im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes sind im wesentlichen der Topographie angepaßt und ergeben sich durch den Grundwasserzustrom von den Hügeln nördlich und südlich des Baches zum Muldenbereich, in welchem das Bachbett zu liegen kommt.

Wie bereits erwähnt, ist ein direkter Zusammenhang des Bachwasserspiegels mit dem Grundwasserkörper nicht anzunehmen. Die Grundwasserschichtenlinien liegen daher im Bachbereich auch nicht senkrecht zum Bachbett, sondern folgen vom Bach faktisch unbeeinflußt den Gegebenheiten des Untergrundes. Der Grundwasserspiegel weist im Untersuchungsgebiet generell ein starkes Gefälle auf, wobei dieses allerdings im westlichen Teil mit 1,4 % geringer ist als im östlichen Teil, wo das Gefälle sogar 3,7 % beträgt (siehe Abbildung 2).

Tabelle 1: Grundwasserstände vom 2. Juli 1990, Fels am Wagram

Brunnen	Brunnenoberkante (Schachtoberkante) (m ü. A.)	Abstichmaß (m)	Grundwasserspiegel (m ü. A.)	Brunnensohle (m ü. A.)
beprobte Brunnen:				
1	200,44	6,29	194,15	186,94
2	Brunnen nicht zugänglich			
3	196,23	6,98	189,25	187,03
4	203,04	7,75	195,29	192,24
5	201,10	6,10	195,00	192,66
6	Brunnen nicht zugänglich			
7	200,57	6,13	194,44	191,72
8	198,39	aufgrund größerer Wasserent- nahmen nicht re- präsen- ta- tiv	-	188,93
9	203,52	3,62	199,90	198,02
10	199,97	10,65	189,32	187,27
neue, nur für das Nivellement ver- wendete Brunnen:				
N 1	203,41	2,27	201,14	199,98
N 2	209,92	7,16	202,76	201,90
N 3	204,53	4,07	200,46	197,35

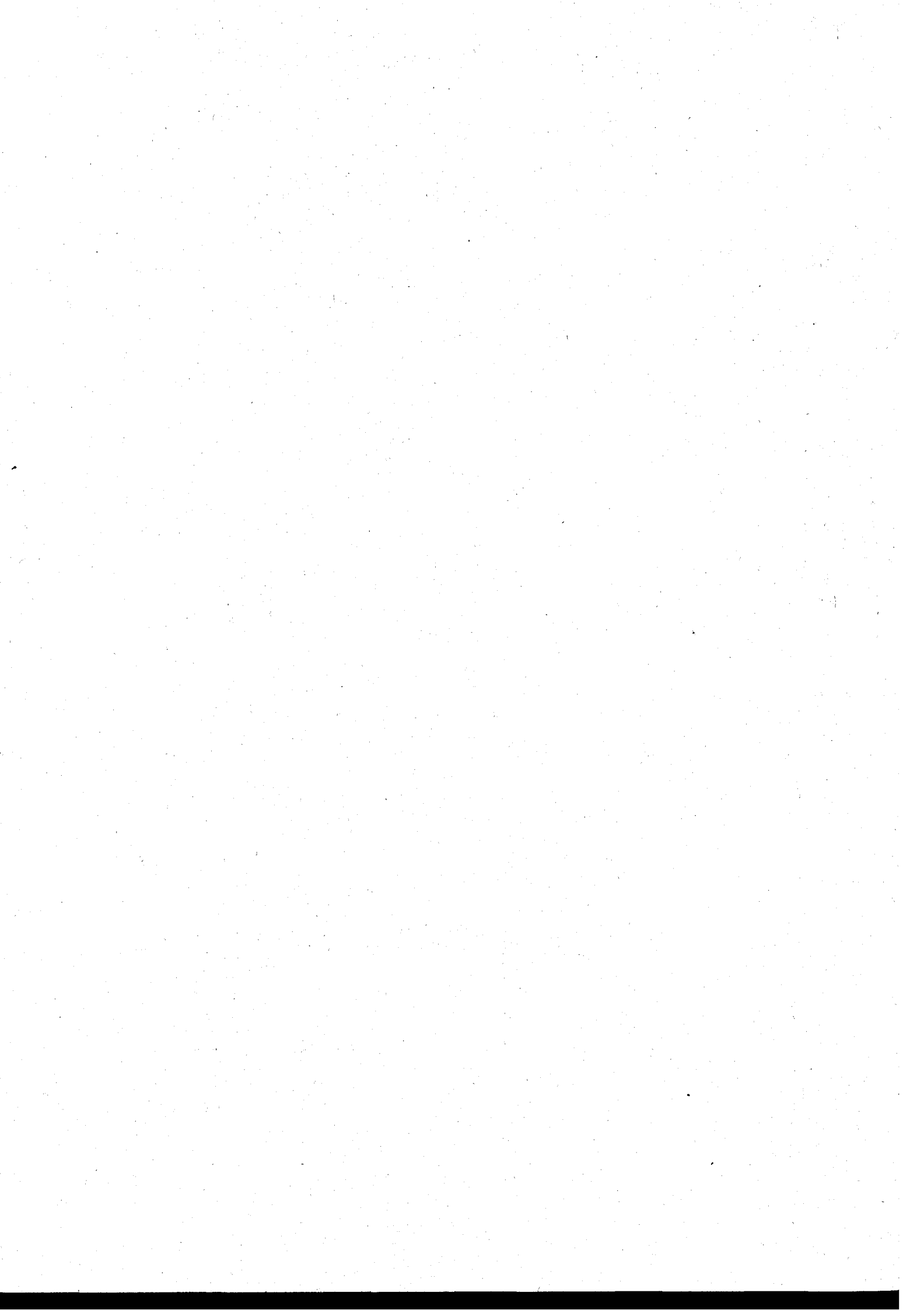
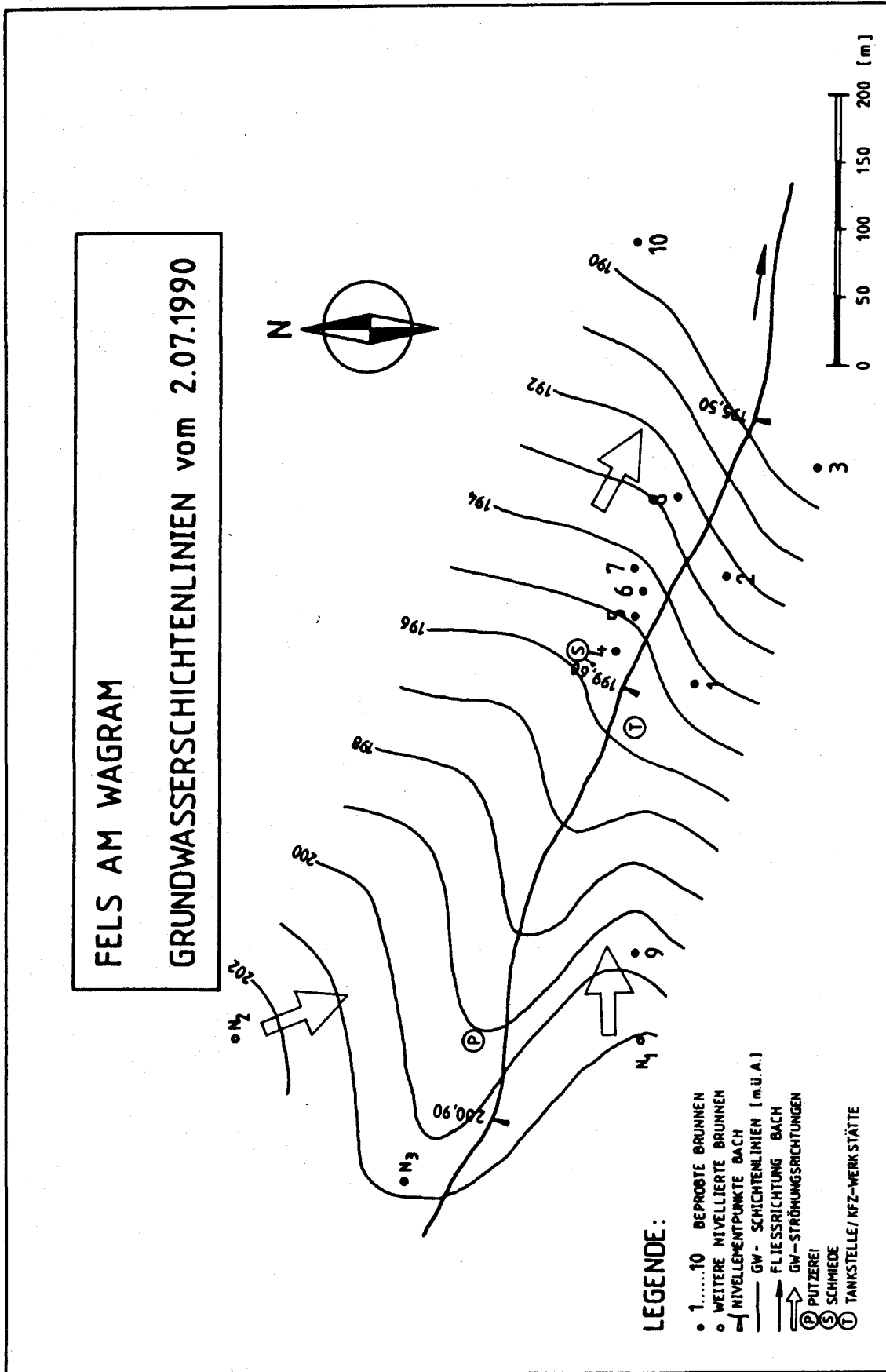


Abbildung 2: Grundwasserschichtenlinien vom 2. Juli 1990,
Fels am Wagram



2.4. Beschreibung der untersuchten Brunnen

Die Lage der Probenahmestellen, der Tankstelle und KFZ-Werkstätte, sowie der Schmiede und der Putzerei, ist aus Abbildung 2 ersichtlich.

Sämtliche beprobten Hausbrunnen sind als Schachtbrunnen ausgebildet.

Brunnen 1:

Besteht seit 1983; Entfernung von der Tankstelle ca. 50 m. Da das Wasser seit der Inbetriebnahme des Brunnens ständig einen intensiven Benzingeruch aufweist, wird es "nur" als Brauchwasser verwendet. Brunnen freistehend im Garten. Probenentnahme vom Wasserhahn im Garten.

Brunnen 2:

1970 nicht kontaminiert. Brauchwasser. Brunnen im Keller. Probenentnahme vom Wasserhahn im Garten.

Brunnen 3:

1970 nicht kontaminiert. Brunnen freistehend im Garten, nicht mehr in Betrieb. Schöpfprobenahme.

Brunnen 4:

1970 verunreinigt. Mehr als 300 Liter Benzin wurden damals abgepumpt. Laut Hauseigentümer noch immer Benzingeruch im Brunnenschacht. 70 m von der Tankstelle entfernt. Brauchwasser. Brunnen freistehend im Vorgarten. Probenentnahme vom Wasserhahn oberhalb des Brunnendeckels.

Brunnen 5:

In diesem Brunnen wurde am 19.1.1970 Benzin festgestellt und dadurch der Leitungsbruch bei der Tankstelle entdeckt. Brauchwasser. Brunnen im betonierten Vorgarten. Probenentnahme vom Wasserhahn im Hof.

Brunnen 6:

1970 verunreinigt. Brunnen nicht mehr in Betrieb. Offener Brunnen im Keller. Schöpfprobenahme.

Brunnen 7:

1970 nicht kontaminiert. Brauchwasser. Brunnen freistehend im Garten. Brunnen mit Handpumpe, daher entsprechende Probenentnahme.

Brunnen 8:

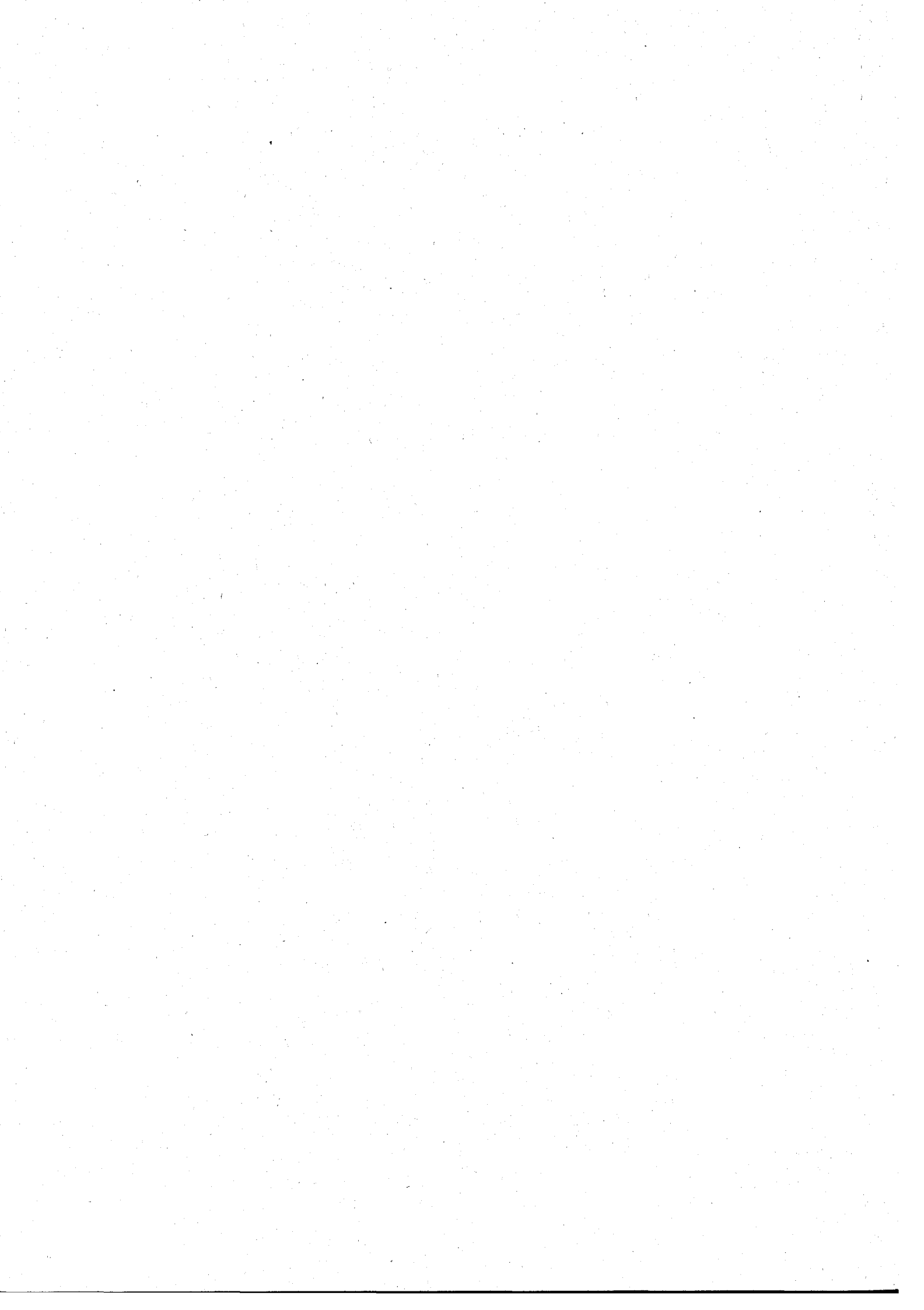
1970 nicht kontaminiert. Landwirtschaftlicher Betrieb. Brauchwasser. Brunnen im betonierten Hof. Probenentnahme vom Wasserhahn im Stallgebäude.

Brunnen 9:

1970 nicht kontaminiert. Brunnen oberhalb der Tankstelle. Landwirtschaftlicher Betrieb. Brauchwasser, wird aber gelegentlich auch als Trinkwasser verwendet. Brunnen in der Scheune. Probenentnahme vom Wasserhahn im Wirtschaftsgebäude.

Brunnen 10:

1970 nicht kontaminiert. Kein Anschluß an Gemeindewasserleitung. Trinkwasser. Brunnen freistehend im Garten. Probenentnahme vom Wasserhahn im Garten.



3. PROBENAHMEN UND BESCHREIBUNG DER ANALYSENMETHODEN

3.1. Probenahmen

Die Probenahmen erfolgten am 23. Oktober 1989
27. November 1989
26. März 1990.

In der Regel wurden die Wasserproben nach ausreichendem Durchfluß vom Wasserhahn entnommen.

Beim Brunnen 7, einer Brunnenanlage mit Handpumpe, wurde vor der Probenentnahme eine entsprechende Menge Wasser abgepumpt. Bei den bereits stillgelegten Brunnen 3 und 6 wurden Schöpfproben entnommen.

Messungen vor Ort: Wassertemperatur, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt.

3.2. Beschreibung der Analysemethoden

Für die weiteren Untersuchungen im Labor wurden die Proben für die AOX-Analyse nach ÖNORM M 6275, für sämtliche andere Bestimmungen gemäß ÖNORM M 6259 stabilisiert und nach den folgenden Methoden (siehe Tabelle 2) analysiert.

Tabelle 2: Parameter, Methoden, Geräte

Parameter	Vorschrift	Gerät
Leitfähigkeit	DIN 38404, Teil 8	WTW LF 91
pH-Wert	DIN 38404, Teil 5	WTW pH 530
gelöster Sauerstoff	ÖNORM M 6266	WTW OXI 196
Färbung	ÖNORM M 6240	Perkin Elmer UV-VIS, Lambda 17
Karbonathärte	DIN 38409, Teil 7	Orion Autotitrator
Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium	modif. DIN 38406, Teil 22	Yobin Ivon ICP
Nitrat, Sulfat, Chlorid	EPA 300.0	Dionex IC 2010 i
Nitrit	ÖNORM M 6282	Perkin Elmer UV-VIS Lambda 17
Ammonium	ISO 7150	Perkin Elmer UV-VIS Lambda 17
Bor	DIN 38405, Teil 17	Perkin Elmer UV-VIS Lambda 17
o-Phosphat	ÖNORM M 6237	Perkin Elmer UV-VIS Lambda 17
Schwermetalle	modif. DIN 38406, Teil 22	Yobin Ivon ICP
DOC	ÖNORM M 6284	Ströhnlein Astro 2001
"Gesamtextrakt", Summe der Kohlenwasserstoffe	DIN 38409, Teil 18	Perkin Elmer IR 883
Benzol, Toluol, Xylol	1)	Perkin Elmer GC 8500
AOX	ÖNORM M 6275	Abimed TOX 10 Analyzer
CKW	2)	Carlo Erba GC 5300 mit ECD
Triazine	Elisa 3)	Behring Processor 2
Atrazin, Desethyl- atrazin, Desisopropyl- atrazin, Simazin	4)	Carlo Erba GC 5300 mit NPD und Carlo Erba GC 5260 mit Finnigan MAT 90
Screening mit GC-MS, GC-FID und GC-ECD	5)	Carlo Erba GC 5300 mit FID und ECD bzw. Carlo Erba GC 5260 mit Finnigan MAT 90
Screening mit GC-IRD-MSD	6)	HP GC 5890 mit IRD 5965B und MSD 5971A

1), 2), 3), 4) 5) und 6): siehe Methodenverzeichnis

3.3. Diskussion einiger ausgewählter organischer Summenparameter

3.3.1. Summe der Kohlenwasserstoffe

Die extrem hohe Zahl von Einzelverbindungen in Benzin, Dieselkraftstoffen, Heizölen, Schmierölen, etc. läßt eine analytische Auftrennung in Einzelsubstanzen nur mit hohem Aufwand zu. In den meisten Fällen genügt es, den Gehalt von Kohlenwasserstoffen anhand eines per Konvention festgelegten Analysenverfahrens mit Infrarottechnik zu bestimmen. Auf der Grundlage dieser Methode wurden Grenz- bzw. Richtwerte für die Abwässer verschiedener Branchen bzw. für Trinkwasser festgelegt (KOLLOCH, 1990).

Der summarische Nachweis der in Wässern vorwiegend emulgierten, suspendierten, kolloidal und gelöst enthaltenen Kohlenwasserstoffe erfolgt durch Extraktion mit 1,1,2-Trichlortrifluorethan und Messung der Absorption von Infrarotstrahlung im IR-Spektrometer. Alle mitextrahierten Nichtkohlenwasserstoffe (lipophile Stoffe) müssen vorher durch Filtration des Extrakts über Aluminiumoxid entfernt werden (DIN 38409, Teil 18).

Die wichtigsten, heute zur Bestimmung des Summenparameters "Kohlenwasserstoffe" eingesetzten Untersuchungsverfahren sind zusammen mit den wesentlichen Verfahrensschritten in Tabelle 3 dargestellt. Die Isolierung der Kohlenwasserstoffgemische aus dem Wasser erfolgt bei allen Verfahren durch Extraktion mit Fettlösungsmitteln wie Petrolether, Tetrachlorkohlenstoff und 1,1,2-Trichlortrifluorethan (Freon), wobei letzteres wegen seiner geringeren Toxizität heute überwiegend eingesetzt wird.

Tabelle 3: Verfahren zur Bestimmung des Summenparameters Kohlenwasserstoffe (KW) (KOLLOCH, 1990)

VERFAHREN	ERFASSTE STOFFGRUPPE NACH DEM TEXT DER VORSCHRIFT	LÖSUNGSMITTEL	BESSEITIGUNG VON STÖR-KOMPONENTEN	ABTRENNUNG DES LÖSUNGSMITTELS	MESSMETHODE
DEV H 17/18 -1	überwiegend unpolare Verbindungen; Kp > 200 °C	Petrolether Kp = 40-60 °C	-	im Vakuum bei 20 °C	gravimetrisch
DEV H 17/18 -2	schwerflüchtige lipophile Verbindungen; Kp > 250 °C	Tetrachlorkohlenstoff Kp = 76,6 °C	polare Verbindungen an Florisil	im Vakuum bei 20 °C	gravimetrisch
DEV H 17/18 -3	schwere Kohlenwasserstoffe	Tetrachlorkohlenstoff	polare Verbindungen an Florisil	-	Kanal-Dünnschicht-Chromatographisch
DEV H 17/18 -4	Kohlenwasserstoffe	Tetrachlorkohlenstoff	Nicht-KWs an Florisil	-	IR-Spektrum;
DIN 38 409, 17	schwerflüchtige lipophile Stoffe; Kp > 250 °C	Freon Kp = 47,6 °C	-	im Vakuum bei 40 °C	Extinktion der CH ₃ -, CH ₂ - und CH-Banden gravimetrisch
DIN 38 409, 18	Kohlenwasserstoffe	Freon	lipophile Nicht-KWs an Aluminiumoxid	-	IR-Spektrum; Extinktion der CH ₃ -, CH ₂ - und CH-Banden

Wie bei allen Konventionsverfahren sind die erzielbaren Ergebnisse an das festgelegte Verfahren gekoppelt. Verfahrensänderungen, wie Wechsel des Lösungsmittels oder Änderung des zur Abtrennung von polaren Stoffen eingesetzten Adsorptionsmittels, können bereits deutliche Unterschiede bei den Ergebnissen liefern (siehe Tabelle 4):

Tabelle 4: Kohlenwasserstoffe, Ergebnisse nach unterschiedlichen Verfahren (BORTLISZ, 1985)

Methode:	DEV H-17/18-4	DIN-H-18	DIN-H-18
Lösungsmittel:	Tetrachlorkohlenstoff	Frigen	Frigen
Adsorptionsmittel:	Florisil	Aluminiumoxid	Florisil
Auswerteverfahren:	IR	IR	IR

Proben	Wiederfindungsraten in %		
Heizöl-L	100	74	83
Benzin	41	14	28
n-Heptan	94	92	92
Aromaten-Gemisch:			
Benzol/Toluol/Cumol/ o-Xylol/p-Xylol	76	50	76

Mit Aluminiumoxid als Adsorptionsmittel werden im Vergleich zu Florisil beim Heizöl L, Benzin und dem Aromatengemisch deutlich geringere Wiederfindungsraten erzielt. Offenbar hält Aluminiumoxid außer den Störkomponenten auch Anteile der zu bestimmenden Kohlenwasserstoffe zurück. Ebenso hat Tetrachlorkohlenstoff als Lösungsmittel im Vergleich zu Frigen ein besseres Extraktionsvermögen.

Ähnliche Schwierigkeiten treten jedoch bei allen Konventionsverfahren zur Bestimmung von Summenparametern auf:

Vergleichbare Ergebnisse sind nur dann zu erzielen, wenn alle im Verfahren beschriebenen Teilschritte exakt befolgt werden. Für eine bessere Interpretation der Daten wurden deswegen die Extrakte ("Gesamtextrakte") auch vor der Reinigung an Aluminiumoxid vermessen.

Eine nähere Identifizierung der Kohlenwasserstoffe ist durch Extraktion mit Pentan oder einem anderen niedrigen Alkan als Lösungsmittel und anschließender Gaschromatographie mit nachgeschalteter Massenspektrometrie möglich (KOPPE, 1986).

3.3.2. Adsorbierbare organische Halogene (AOX)

Die summarische Erfassung organischer Halogenverbindungen, in der Praxis meist organischer Chlorverbindungen, wurde zum Großteil am Engler-Bunte Institut der Universität Karlsruhe entwickelt (KÜHN, 1977).

Mit Hilfe einer Pyrolyse-Mikrocoulometer-Apparatur wird über ein Einlaßteil die mit den organischen Halogenverbindungen beladene Kohle in den Ofen eingebracht; bei ca. 1000 °C erfolgt eine Mineralisierung, die Verbrennungsgase gelangen zusammen mit dem Sauerstoffstrom in eine Mikrocoulometerzelle, in der das Halogenid quantitativ bestimmt wird. Chlorid, Bromid und Jodid werden gemeinsam erfaßt, nicht jedoch Fluorid.

Organische Jodverbindungen kommen in der Natur eher selten vor; organische Bromverbindungen sind nur in Sonderfällen von Bedeutung. Mit der beschriebenen AOX-Methode werden daher im wesentlichen organische Chlorverbindungen erfaßt.

Durch das Einbringen der zu untersuchenden Wasserprobe in eine mit der Verbrennungsapparatur verbundenen Stripeinheit gelingt die direkte Bestimmung der ausblasbaren Anteile (POX). Enthält die Probe Fest- bzw. Trübstoffe, so wird die Bestimmung aufgrund von Adsorptionsvorgängen gestört, d.h. die gemessenen ausblasbaren Anteile sind geringer als die tatsächlich in der Probe enthaltenen.

Zur Anreicherung gelöster organischer Halogenverbindungen hat sich Aktivkohle als geeignet erwiesen. Bei der Analyse von polaren, schwer adsorbierbaren Chlorverbindungen ist die vollständige Anreicherung an Aktivkohle zu überprüfen. Liegt der DOC-Gehalt der Wasserprobe wesentlich über 10 mg/l, so kann ebenfalls die vollständige Adsorption der halogenorganischen Verbindungen an Aktivkohle gestört werden. In diesen Fällen muß die Probe so verdünnt werden, daß der DOC-Gehalt der verdünnten Probe unter 10 mg/l liegt.

Vereinfachend kann man feststellen, daß nichtflüchtige, unpolare Organochlorverbindungen quantitativ und chlorierte aliphatische Kohlenwasserstoffe mit Kettenlängen über zwei Kohlenstoffatomen zu 60 bis 80 % erfaßbar sind. Zum Nachweis von flüchtigen Verbindungen wie z.B. Dichlormethan oder Chloroform ist die AOX-Methode ungeeignet.

3.3.3. Pestizidscreening mittels ELISA-(Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay)-Technik

Seit vielen Jahren werden in der Human- und Veterinärmedizin Immunoassays zur Diagnostik verwendet. In zunehmendem Maß finden sie nun auch Eingang in die Umweltanalytik, wo ihre Haupteinsatzgebiete beim Screening und Umweltmonitoring liegen, da mit einem vergleichsweise geringen Aufwand große Pro-

benzahlen sehr schnell überprüft werden können. Die belasteten Proben müssen dann mit Hilfe klassischer Methoden (GC, HPLC) im Detail untersucht werden.

Immunoassays nutzen die natürliche Fähigkeit des Immunsystems, höhermolekulare, körperfremde Substanzen (z.B. Eiweiße) nach dem Schlüssel-Schloßprinzip (über eine "determinante Gruppe") zu erkennen und spezifisch zu binden. Diese höhermolekularen Verbindungen werden als Antigene (oder auch Voll-Antigene) bezeichnet: sie lösen die Produktion von Antikörpern aus.

Niedermolekulare Verbindungen wie Pestizide bewirken keine Antikörperbildung (sie sind nicht immunogen), werden aber ihrerseits von geeigneten Antikörpern erkannt. Diese niedermolekularen Verbindungen werden als Haptene bezeichnet. Die Antikörper erkennen eine Reihe ähnlicher Substanzen (oft Metaboliten) mit verschiedener Empfindlichkeit (Kreuzreaktivität).

Bei kleinen Molekülen, wie z.B. den Pestiziden, müssen für die Bildung von Antikörpern höhermolekulare Trägersubstanzen (Carrier) eingesetzt werden, um eine Antigen-Antikörperreaktion auszulösen. Das Hapten entspricht gewissermaßen der determinanten Gruppe des Voll-Antigens (Hapten + Carrier = Voll-Antigen).

Die spezifischen Antikörper werden auf die Wände von Polystyrol-Teströhrchen bzw. Polystyrol-Microtiterplatten aufgebracht. Der quantitative Nachweis der gesuchten Substanz (z.B. einer Pestizidgruppe) ist erst dann möglich, wenn eine Konkurrenzreaktion zwischen den zu bestimmenden und den markierten Molekülen derselben Spezies (Tracer) stattfindet (sogenannter kompetitiver Test). Die Markierung kann über

- eine radioaktive Dotierung (RIA)
- durch die Ankoppelung des Moleküls an eine fluoreszierende Substanz (FIA)
- durch Ankoppelung an ein Enzym erfolgen (ELISA).

Aus dem Verhältnis der Konzentration der gesuchten Substanz zur Tracerkonzentration ergibt sich eine charakteristische Belegung der Antikörperbindungsplätze. Wichtig dabei ist, daß die Zahl der Antikörperbindungsplätze wesentlich kleiner ist als die Zahl der bindungsfähigen Moleküle (Tracer und gesuchte Substanz), da sonst alle Moleküle gebunden würden und keine Aussage über die Konzentration der gesuchten Substanz möglich wäre.

Da die Hapten-Antikörperreaktion dem Massenwirkungsgesetz unterliegt, ist eine quantitative Bestimmung möglich.

Nach einer bestimmten Inkubationszeit sind die Antikörper abgesättigt. Danach erfolgt ein Waschschrift (die sogenannte "bound-free-Trennung"), bei dem überschüssiges Antigen (aus der Probe) und der überschüssige enzymmarkierte Tracer entfernt werden.

An der Röhrchenwand befinden sich nun (durch Antikörper festgehalten) entsprechend der Konzentration des Pestizids in der Probe mehr oder weniger enzymmarkierte Tracermoleküle: bei hoher Konzentration der zu bestimmenden Substanz in der Probe wenige, bei niedriger Konzentration viele.

Im nächsten Schritt wird ein "chromogenes Substrat" in die Röhrchen gefüllt, das ist die Lösung einer Substanz, die durch die Enzyme zu einem farbigen Endprodukt abgebaut wird. Da immer die gleiche Anzahl von Antikörper-Bindungsplätzen und die gleiche Menge an Enzymkonjugat vorliegen, werden bei einer Probe mit geringer PSM-Konzentration viele Enzymkonju-

gat-Moleküle gebunden, welche eine intensive Färbung der Lösung bewirken. Die Intensität der Färbung ist daher umgekehrt proportional zur Konzentration des Pestizids in der Probe. Nach der Reaktionszeit wird die Reaktion durch Zugabe von Säure gestoppt. Die Extinktion der gefärbten Lösung kann photometrisch erfaßt und ausgewertet werden.

In mehreren Untersuchungsreihen wurden bei der Methodenentwicklung und -überprüfung von amerikanischen und deutschen Labors ELISA- und gaschromatographische Bestimmungen nebeneinander durchgeführt. Es konnte gezeigt werden, daß durch die hohe Sensitivität und Spezifität der in ELISA-Tests eingesetzten Antikörper niedrige Konzentrationen von Pestiziden screeningmäßig erfaßt werden können. Diese in der klinischen Chemie auch schon quantitative Methode kann deswegen als **Entscheidungshilfe**

- bei der Eingrenzung kontaminierter Flächen,
- bei der Auswahl belasteter Proben, die anschließend einer detaillierten chemischen Analyse unterzogen werden sollen,
- bei der Überwachung gefährdeter Wasserversorgungsanlagen herangezogen werden.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß eine nicht korrekte Handhabung und fehlende Erfahrung im Umgang mit Immunoassays zu falschen Resultaten führen. Ohne ausreichendes Training sollten daher Immunoassays in der Wasseranalytik nicht eingesetzt werden. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt können sie keineswegs als "Schnellmethode für jedermann" betrachtet werden. Vielmehr ist wie bei allen Verfahren die Mitwirkung von geschultem Personal in Labors erforderlich - speziell wenn die Immunoassays zum Nachweis geringer Mengen an Pestiziden herangezogen werden sollen.

Die Bestimmung von Pflanzenschutzmitteln mittels immunologischer Methoden kann die herkömmlichen Analysemethoden nicht ersetzen, sondern nur ergänzen. Die Elisa-Tests reagieren gruppenspezifisch, eignen sich jedoch nicht zur quantitativen Gruppenbestimmung (z.B. von Triazinen). Eine Interpretation ist daher schwierig.

Positive Ergebnisse sollten immer mit GC-MS oder HPLC überprüft werden, da mittels Enzym-Immunoassay, z.B. zwischen den verschiedenen Triazinen wegen ihrer ähnlichen determinanten Gruppen, nicht differenziert werden kann. Diese Triazine haben jedoch verschiedene Kreuzreaktivitäten. Weiters beziehen sich die Konzentrationsangaben aufgrund der hohen Spezifität der Antikörper immer auf ein spezielles Pestizid der untersuchten Substanzklasse, mit welchem der jeweilige Elisa-Test kalibriert wurde und nicht auf die Pestizid-Gruppe (z.B. bei den Triazinen: Atrazin).

3.3.4. Organisches Screening

Ziel einer Screeninganalyse (Überblicksanalyse) ist das Erfassen einer Vielzahl von Substanzklassen. Dies kann durch eine allgemein gehaltene Probenvorbereitung, verbunden mit einer Analysemethode, die viele Substanzen detektieren und identifizieren kann, angestrebt werden.

In dieser Studie wurde die Gaschromatographie als Analyse-methode zunächst mit ECD (Electron Capture Detector), FID (Flammionisationsdetektor) und Massenspektrometer als Detektoren verwendet.

Um zu einem Überblick über die extrahierbaren organischen Inhaltsstoffe der Probe zu gelangen, wurden zuerst von einem Hexanextrakt (siehe Punkt 4.2.) GC-FID- und GC-ECD-Chromatogramme aufgenommen. Im FID ist die Intensität im wesentlichen abhängig von der Anzahl der Kohlenstoffatome, die Chromatogramme sind jenen ähnlich, die die GC-MS-Kopplung liefert; der ECD "sieht" bevorzugt halogenhaltige Verbindungen, aber auch Substanzen mit Sauerstoffatomen oder Doppelbindungen.

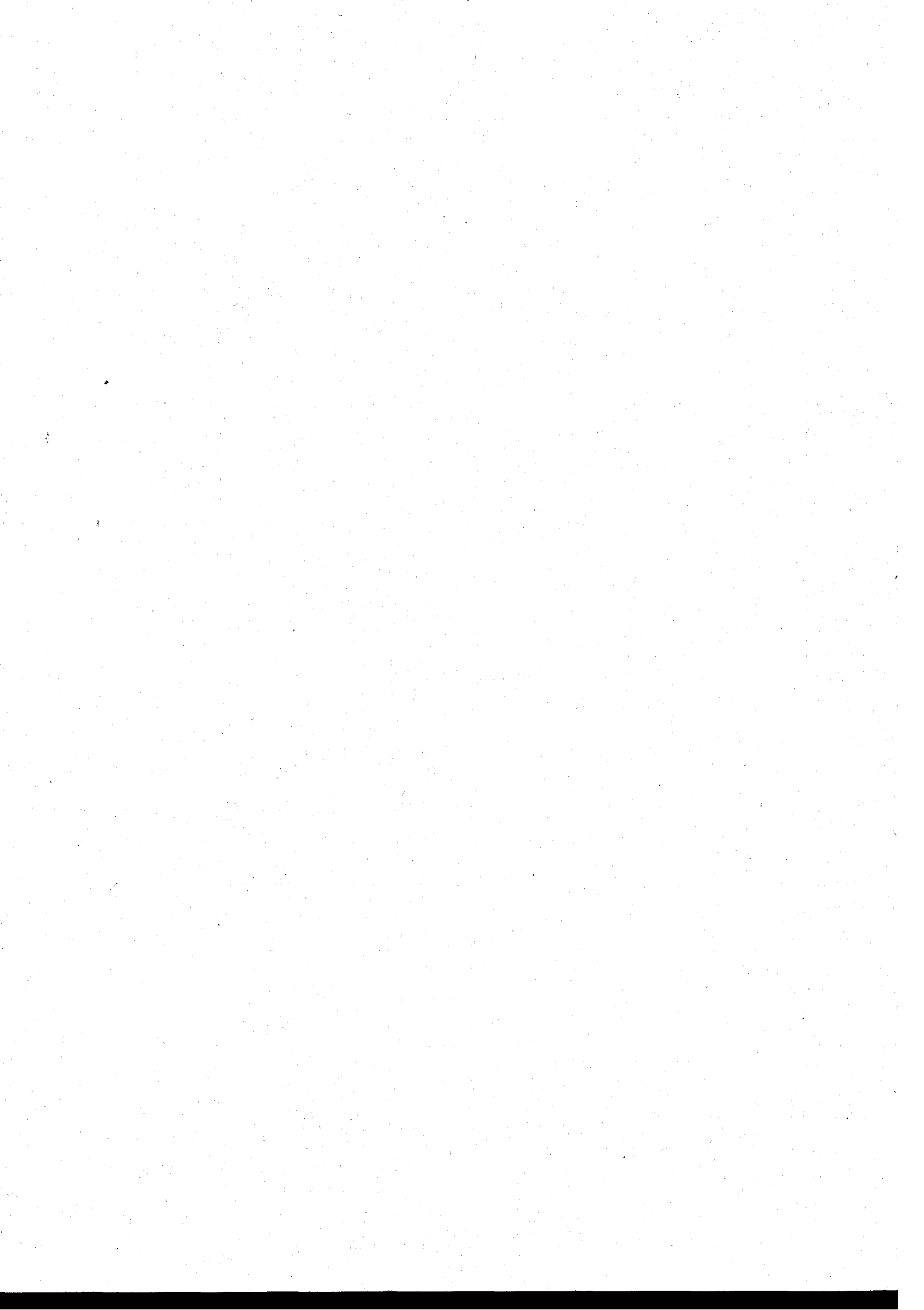
Die gewünschte Identifizierung von Substanzen erfolgte nach massenspektrometrischer Detektion und Spektrenvergleich. (Dieser liefert Hinweise auf Substanzklassenzugehörigkeiten und ermöglicht oft eindeutige Identifizierungen.)

Für eine absolut gesicherte Zuordnung müßten über die Screeninganalyse hinausgehende Koinjektionsanalysen mit den entsprechenden Referenzsubstanzen erfolgen.

Selbst die umfassendsten Überblicksanalysen nehmen aber eine gewisse Stoffauswahl vor, da die Erfassung aller unbekannt vorhandenen Stoffe in einem Analysengang unmöglich ist. In Screeningverfahren kommen Methodenkombinationen zum Einsatz, wobei die Vorauswahl für die spätere Identifikation bereits mit der Probenvorbereitung erfolgt. Im Gegensatz zu Spurenanalysen, bei welchen die Probenvorbereitung auf die jeweilige Stoffgruppe abgestimmt ist, muß man bei Überblicksanalysen Kompromisse eingehen, um den Aufwand sinnvoll und erschwinglich zu halten.

Beim zweiten in dieser Studie angewandten Screeningverfahren wurde der "Gesamtextrakt" (siehe Punkt 3.3.1.) zuerst am GC-FID und dann am GC-IRD-MSD vermessen.

Bei diesem GC-IRD-MSD-Screening wurde der "Gesamtextrakt" mittels Gaschromatographie in Einzelsubstanzen aufgetrennt. Anschließend wurden die Reinstoffe am Infrarotdetektor (IRD) bzw. am masselektiven Detektor (MSD) vermessen und die erhaltenen IR- und MS-Spektren mit vorhandenen Spektren verglichen (Bibliothek). In einer Vielzahl von Fällen kann man auf diese Art unbekanntes Substanzen eine genaue Struktur und Summenformel zuordnen und sie dadurch weitgehendst identifizieren (die eindeutige Isomeren-Unterscheidung erfordert meist die zusätzliche Aufnahme eines Kernresonanzspektrums).



4. DARSTELLUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

4.1. Analysenergebnisse der einzelnen Probenahmen

Die Untersuchungsergebnisse wurden mit den Richt- und Grenzwerten für Trinkwasser (Österreichisches Lebensmittelbuch, III. Auflage, Kapitel B 1 "Trinkwasser", 1989) verglichen.

Tabelle 5: Brunnen 1, Untersuchungsergebnisse

BRUNNEN 1				
	1.Probe- nahme 23.10.89	2.Probe- nahme 27.11.89	3.Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
physikalisch-chemische Parameter:				
Leitfähigkeit $\mu\text{S/cm}$	1383	1302	1438	-
pH-Wert	7,0	7,1	7,3	6,5-8,5
Temperatur $^{\circ}\text{C}$	11,5	10,7	10	-
gel. Sauerstoff mg/l	-	8	5,5	-
anorganische Parameter:				
Karbonathärte $^{\circ}\text{dH}$	-	-	34,5	-
Calcium mg/l	-	83	95	-
Magnesium mg/l	-	73	79	-
Natrium mg/l	56	53	58	50
Kalium mg/l	103	102	98	20
Sulfat mg/l	100	100	102	250
Chlorid mg/l	70	68	69	100
Nitrat mg/l	<2	<2	<2	100
Nitrit mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,01/1
Ammonium mg/l	0,4	0,07	<0,03	0,05
Bor mg/l	-	-	0,2	1
o-Phosphat mg/l	-	-	0,7	0,3

Fortsetzung der Tabelle 5: Brunnen 1

	1.Probe- nahme 23.10.89	2.Probe- nahme 27.11.89	3.Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
Schwermetalle:				
Blei $\mu\text{g/l}$	<20	<20	<20	50
Aluminium $\mu\text{g/l}$	<30	<30	<30	100
Zink $\mu\text{g/l}$	-	450	180	3000
Mangan $\mu\text{g/l}$	-	460	460	100
Eisen $\mu\text{g/l}$	-	-	680	300
Barium $\mu\text{g/l}$	-	50	75	-
Nickel $\mu\text{g/l}$	-	<20	<20	100
Kupfer $\mu\text{g/l}$	-	<10	<10	100
Chrom $\mu\text{g/l}$	-	<10	<10	50
Cadmium $\mu\text{g/l}$	-	-	1	5
Kobalt $\mu\text{g/l}$	-	-	<10	-
organische Summenparameter:				
DOC mg/l	4,2	4,0	3,8	-
Gesamtextrakt mg/l	0,49	0,61	0,39	-
Kohlenwasserstoffe mg/l	0,17	0,26	0,15	0,1
Aromaten:				
Benzol $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	10
Toluol $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	20
Xylol e $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	-
chlororganische Verbindungen:				
AOX $\mu\text{g Cl/l}$	13	26	9	-
1,1-Dichlorethylen $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	0,3
Chloroform $\mu\text{g/l}$	-	-	0,62	-
1,1,1-Trichlorethan $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	-
1,2-Dichlorethan $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	10
Tetrachlorkohlenstoff $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	3
1,2-Dichlorpropan $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	-
Trichlorethylen $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	-
Bromdichlormethan $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	-
1,1,2-Trichlorethan $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	-
Dibromchlormethan $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	-
Perchlorethylen $\mu\text{g/l}$	-	-	<0,03	10
1,4-Dichlorbutan $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	-
1,2,3-Trichlorpropan $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	-
1,4-Dichlorbenzol $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	-
1,2-Dichlorbenzol $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	-
1,2,3,4-Tetrachlorbutan $\mu\text{g/l}$	-	-	n.n.	-

Fortsetzung der Tabelle 5: Brunnen 1

	1. Probe- nahme 23.10.89	2. Probe- nahme 27.11.89	3. Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
Triazine:				
Atrazin (Elisa) µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	-
Atrazin µg/l	-	<0,01	-	2
Desethylatrazin µg/l	-	<0,01	-	-

n.n.: nicht nachweisbar

fett gedruckte Werte: Grenzwerte bzw. Richt- oder Grenzwertüberschreitungen

Auffälligkeiten:

Benzingeruch

Physikalisch-chemische und anorganische Parameter

Elektrische Leitfähigkeit > 1.300 µS/cm, Natrium > Richtwert, Kalium fünf-fach über dem Richtwert, Mangan und Eisen > Richtwerte, Ammonium und o-Phosphat > Richtwerte.

Organische Parameter

DOC und AOX leicht erhöht, Summe der Kohlenwasserstoffe > Grenzwert, Chloroform 0,62 µg/l, Spuren von Per-chlorethylen.

Dieses Brunnenwasser wurde über die drei Probenahmen hinaus bereits im Juni 1989 und noch einmal im Juli 1990 auf Kohlenwasserstoffe untersucht. Summe der Kohlenwasserstoffe im Juni 1989: 0,43 mg/l, im Juli 1990: 0,16 mg/l.

Aufgrund des leicht erhöhten DOC-Gehaltes und der Grenzwert-
überschreitung bei der Summe der Kohlenwasserstoffe wurde bei
einer Probe aus diesem Brunnen im März 1990 ein GC-Screening
mit MS, FID und ECD, im Juli 1990 ein GC-Screening mit IRD
und MSD durchgeführt (siehe Punkt 4.2.).

Tabelle 6: Brunnen 2, Untersuchungsergebnisse

BRUNNEN 2				
	1.Probe- nahme 23.10.89	2.Probe- nahme 27.11.89	3.Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
physikalisch-chemische Parameter:				
Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$	1491	1446	1618	-
pH-Wert	6,9	6,9	7,1	6,5-8,5
Temperatur $^{\circ}\text{C}$	11,5	11,2	9,6	-
gel. Sauerstoff mg/l	-	4,5	4,3	-
anorganische Parameter:				
Karbonathärte $^{\circ}\text{dH}$	-	-	36	-
Calcium mg/l	-	100	116	-
Magnesium mg/l	-	80	88	-
Natrium mg/l	58	57	58	50
Kalium mg/l	111	116	111	20
Sulfat mg/l	159	162	156	250
Chlorid mg/l	79	82	82	100
Nitrat mg/l	9	9	9	100
Nitrit mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,01/1
Ammonium mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Bor mg/l	-	-	0,2	1
o-Phosphat mg/l	-	-	1,0	0,3
Schwermetalle:				
Blei $\mu\text{g}/\text{l}$	<20	<20	<20	50
Aluminium $\mu\text{g}/\text{l}$	<30	<30	<30	100
Zink $\mu\text{g}/\text{l}$	-	180	280	3000
Mangan $\mu\text{g}/\text{l}$	-	300	240	100
Eisen $\mu\text{g}/\text{l}$	-	20	34	300
Barium $\mu\text{g}/\text{l}$	-	140	205	-
Nickel $\mu\text{g}/\text{l}$	-	<20	<20	100
Kupfer $\mu\text{g}/\text{l}$	-	<10	<10	100
Chrom $\mu\text{g}/\text{l}$	-	<10	<10	50
Cadmium $\mu\text{g}/\text{l}$	-	-	<1	5
Kobalt $\mu\text{g}/\text{l}$	-	-	<10	-

Fortsetzung der Tabelle 6: Brunnen 2

	1.Probe- nahme 23.10.89	2.Probe- nahme 27.11.89	3.Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
organische Summenparameter:				
DOC mg/l	3,5	3,6	3,7	-
Gesamtextrakt	0,14	0,14	0,13	-
Kohlenwasserstoffe mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Aromaten:				
Benzol µg/l	-	-	n.n.	10
Toluol µg/l	-	-	n.n.	20
Xylole µg/l	-	-	n.n.	-
chlororganische Verbindungen:				
AOX µg Cl/l	13	22	21	-
1,1 Dichlorethylen µg/l	-	-	n.n.	0,3
Chloroform µg/l	-	-	0,83	-
1,1,1-Trichlorethan µg/l	-	-	n.n.	-
1,2-Dichlorethan µg/l	-	-	n.n.	10
Tetrachlorkohlenstoff µg/l	-	-	n.n.	3
1,2-Dichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
Trichlorethylen µg/l	-	-	n.n.	-
Bromdichlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
1,1,2-Trichlorethan µg/l	-	-	n.n.	-
Dibromchlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
Perchlorethylen µg/l	-	-	<0,03	10
1,4-Dichlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3-Trichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
1,4-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3,4-Tetrachlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
Triazine:				
Atrazin (Elisa) µg/l	0,23	0,13	0,17	-
Atrazin µg/l	-	0,14	-	2
Desethylatrazin µg/l	-	n.n.	-	-

n.n.: nicht nachweisbar

fett gedruckte Werte: Grenzwerte bzw. Richt- oder Grenzwertüberschreitungen

Auffälligkeiten:

Physikalisch-chemische und
anorganische Parameter

Elektrische Leitfähigkeit
> 1.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Natrium
> Richtwert, Kalium fünf-
fach über dem Richtwert,
Mangan und o-Phosphat
> Richtwerte.

Organische Parameter

DOC und AOX leicht erhöht,
Chloroform 0,83 $\mu\text{g}/\text{l}$, Spuren
von Perchlorethylen; Atrazin
0,14 $\mu\text{g}/\text{l}$.

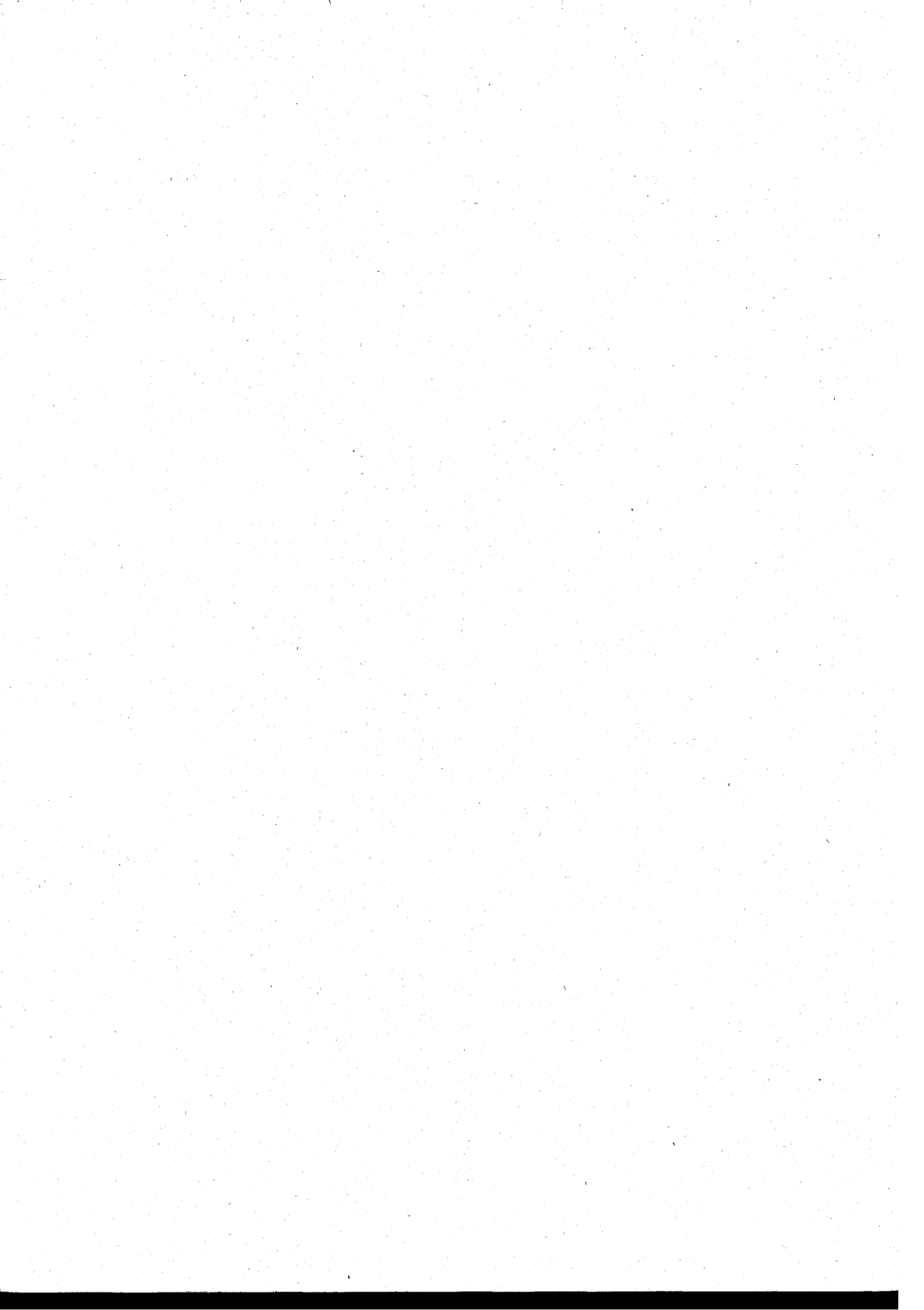


Tabelle 7: Brunnen 3, Untersuchungsergebnisse

BRUNNEN 3				
	1.Probe- nahme 23.10.89	2.Probe- nahme 27.11.89	3.Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
physikalisch-chemische Parameter:				
Leitfähigkeit $\mu\text{S/cm}$	1570	1594	1773	-
pH-Wert	7	7	7,4	6,5-8,5
Temperatur $^{\circ}\text{C}$	11,4	11	10,3	-
gel. Sauerstoff mg/l	-	4,2	6,3	-
anorganische Parameter:				
Karbonathärte $^{\circ}\text{dH}$	-	-	32,8	-
Calcium mg/l	-	140	137	-
Magnesium mg/l	-	135	126	-
Natrium mg/l	76	76	80	50
Kalium mg/l	24	25	33	20
Sulfat mg/l	384	383	381	250
Chlorid mg/l	77	83	82	100
Nitrat mg/l	3	4	10	100
Nitrit mg/l	0,22	<0,01	<0,01	0,01/1
Ammonium mg/l	1,12	0,54	0,2	0,05
Bor mg/l	-	-	0,16	1
o-Phosphat mg/l	-	-	<0,03	0,3
schwermetalle:				
Blei $\mu\text{g/l}$	<20	<20	<20	50
Aluminium $\mu\text{g/l}$	-	<30	<30	100
Zink $\mu\text{g/l}$	-	100	20	3000
Mangan $\mu\text{g/l}$	-	240	140	100
Eisen $\mu\text{g/l}$	-	-	920	300
Barium $\mu\text{g/l}$	-	10	40	-
Nickel $\mu\text{g/l}$	-	<20	<20	100
Kupfer $\mu\text{g/l}$	-	<10	<10	100
Chrom $\mu\text{g/l}$	-	<10	<10	50
Cadmium $\mu\text{g/l}$	-	-	<1	5
Kobalt $\mu\text{g/l}$	-	-	<10	-

Fortsetzung der Tabelle 7: Brunnen 3

	1.Probe- nahme 23.10.89	2.Probe- nahme 27.11.89	3.Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
organische Summenparameter:				
DOC mg/l	3,5	2,9	3,1	-
Gesantextrakt mg/l	0,13	0,13	0,14	-
Kohlenwasserstoffe mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Aromaten:				
Benzol µg/l	-	-	n.n.	10
Toluol µg/l	-	-	n.n.	20
Xylole µg/l	-	-	n.n.	-
chlororganische Verbindungen:				
AOX µg Cl/l	6	8	11	-
1,1 Dichlorethylen µg/l	-	-	n.n.	0,3
Chloroform µg/l	-	-	0,8	-
1,1,1-Trichlorethan µg/l	-	-	n.n.	-
1,2-Dichlorethan µg/l	-	-	n.n.	10
Tetrachlorkohlenstoff µg/l	-	-	n.n.	3
1,2-Dichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
Trichlorethylen µg/l	-	-	n.n.	-
Bromdichlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
1,1,2-Trichlorethan µg/l	-	-	n.n.	-
Dibromchlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
Perchlorethylen µg/l	-	-	<0,03	10
1,4-Dichlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3-Trichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
1,4-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3,4-Tetrachlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
Triazine:				
Atrazin (Elisa) µg/l	0,05	<0,05	0,1	-

n.n.: nicht nachweisbar

fett gedruckte Werte: Grenzwerte bzw. Richt- oder Grenzwertüberschreitungen

Auffälligkeiten:

Physikalisch-chemische und
anorganische Parameter

Elektrische Leitfähigkeit
> 1.550 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Richtwert-
überschreitungen bei Na-
trium, Kalium, Mangan, Ei-
sen, Nitrit und Ammonium.
Grenzwertüberschreitungen
bei Sulfat.

Organische Parameter

DOC leicht erhöht, Chloro-
form 0,8 $\mu\text{g}/\text{l}$, Spuren von
Perchlorethylen.

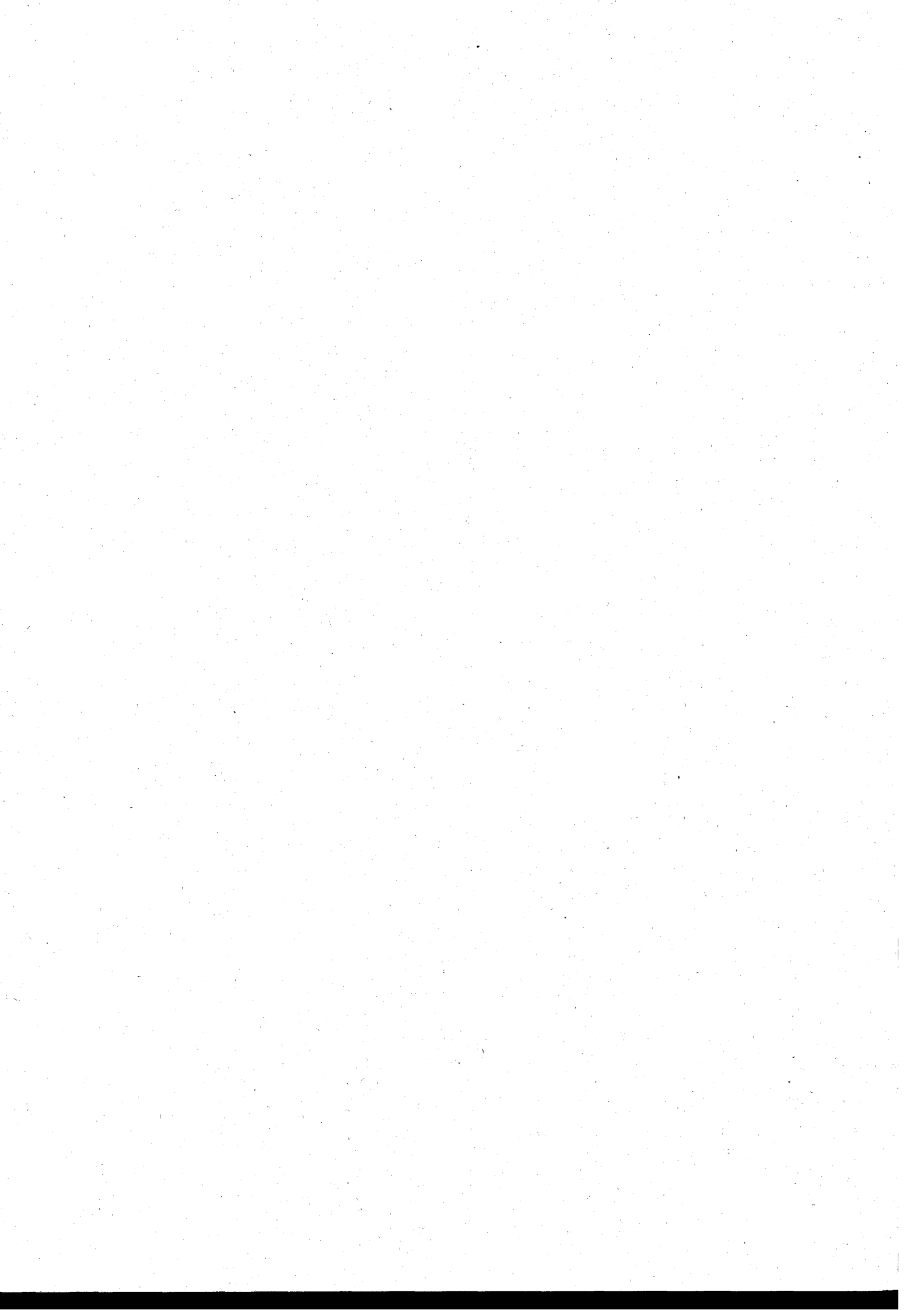


Tabelle 8: Brunnen 4, Untersuchungsergebnisse

BRUNNEN 4				
	1.Probe- nahme 23.10.89	2.Probe- nahme 27.11.89	3.Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
physikalisch-chemische Parameter:				
Leitfähigkeit $\mu\text{S/cm}$	1305	1361	1615	-
pH-Wert	7,1	7,1	7,3	6,5-8,5
Temperatur $^{\circ}\text{C}$	12	11,8	11,8	-
gel. Sauerstoff mg/l	-	5,5	3,2	-
anorganische Parameter:				
Karbonathärte $^{\circ}\text{dH}$	-	-	26,6	-
Calcium mg/l	-	100	121	-
Magnesium mg/l	-	81	84	-
Natrium mg/l	47	46	50	50
Kalium mg/l	106	100	100	20
Sulfat mg/l	264	257	263	250
Chlorid mg/l	70	80	82	100
Nitrat mg/l	48	57	56	100
Nitrit mg/l	0,78	0,125	<0,01	0,01/1
Ammonium mg/l	0,05	<0,03	<0,03	0,05
Bor mg/l	-	-	0,2	1
o-Phosphat mg/l	-	-	<0,03	0,3
Schwermetalle:				
Blei $\mu\text{g/l}$	20	<20	<20	50
Aluminium $\mu\text{g/l}$	<30	<30	<30	100
Zink $\mu\text{g/l}$	-	370	115	3000
Mangan $\mu\text{g/l}$	50	60	20	100
Eisen $\mu\text{g/l}$	20	10	10	300
Barium $\mu\text{g/l}$	20	10	50	-
Nickel $\mu\text{g/l}$	-	<20	<20	100
Kupfer $\mu\text{g/l}$	-	<10	<10	100
Chrom $\mu\text{g/l}$	-	<10	<10	50
Cadmium $\mu\text{g/l}$	-	-	<1	5
Kobalt $\mu\text{g/l}$	-	-	<10	-

Fortsetzung der Tabelle 8: Brunnen 4

	1. Probe- nahme 23.10.89	2. Probe- nahme 27.11.89	3. Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
organische Summenparameter:				
DOC mg/l	2,2	2,1	2,2	-
Gesamtextrakt mg/l	0,14	0,12	0,13	-
Kohlenwasserstoffe mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Aromaten:				
Benzol µg/l	-	-	n.n.	10
Toluol µg/l	-	-	n.n.	20
Xylol µg/l	-	-	n.n.	-
chlororganische Verbindungen:				
AOX µg Cl/l	7	54	<3	-
1,1-Dichlorethylen µg/l	-	-	n.n.	0,3
Chloroform µg/l	-	-	0,78	-
1,1,1-Trichlorethan µg/l	-	-	n.n.	-
1,2-Dichlorethan µg/l	-	-	n.n.	10
Tetrachlorkohlenstoff µg/l	-	-	n.n.	3
1,2 Dichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
Trichlorethylen µg/l	-	-	<0,1	-
Bromdichlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
1,1,2-Trichlorethan µg/l	-	-	n.n.	-
Dibromchlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
Perchlorethylen µg/l	-	-	0,21	10
1,4-Dichlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3-Trichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
1,4-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3,4-Tetrachlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
Triazine:				
Atrazin (Elisa) µg/l	0,05	-	0,18	-
Atrazin µg/l	-	0,35	0,11	2
Desethylatrazin µg/l	-	0,08	0,03	-
Desisopropylatrazin µg/l	-	-	n.n.	-
Simazin µg/l	-	-	n.n.	-

n.n.: nicht nachweisbar

fett gedruckte Werte: Grenzwerte bzw. Richt- oder Grenzwertüberschreitungen

Auffälligkeiten:

Physikalisch-chemische und
anorganische Parameter

Elektrische Leitfähigkeit
> 1.300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Kalium
fünffach über dem Richt-
wert, Nitrit > Richtwert,
Grenzwertüberschreitungen
bei Sulfat.

Organische Parameter

AOX bei der 2. Probenahme
stark erhöht (54 $\mu\text{g}/\text{l}$!),
Chloroform 0,78 $\mu\text{g}/\text{l}$, Per-
chlorethylen 0,21 $\mu\text{g}/\text{l}$, Spu-
ren von Trichlorethylen.
Positiver Atrazin- und Dese-
thylatrazinbefund.



Tabelle 9: Brunnen 5, Untersuchungsergebnisse

BRUNNEN 5				
	1.Probe- nahme 23.10.89	2.Probe- nahme 27.11.89	3.Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
physikalisch-chemische Parameter:				
Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$	1377	1349	1411	-
pH-Wert	7	7,1	7,3	6,5-8,5
Temperatur $^{\circ}\text{C}$	14,4	12,8	12,6	-
gel. Sauerstoff mg/l	-	4,6	5,8	-
anorganische Parameter:				
Karbonathärte $^{\circ}\text{dH}$	-	-	28,3	-
Calcium mg/l	-	78	86	-
Magnesium mg/l	-	80	74	-
Natrium mg/l	44	44	43	50
Kalium mg/l	125	129	110	20
Sulfat mg/l	170	166	135	250
Chlorid mg/l	82	80	73	100
Nitrat mg/l	36	34	30	100
Nitrit mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,01/1
Ammonium mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Bor mg/l	-	-	0,2	1
o-Phosphat mg/l	-	-	0,5	0,3
Schwermetalle:				
Blei $\mu\text{g}/\text{l}$	<20	<20	<20	50
Aluminium $\mu\text{g}/\text{l}$	<30	<30	<30	100
Zink $\mu\text{g}/\text{l}$	-	360	180	3000
Mangan $\mu\text{g}/\text{l}$	-	50	140	100
Eisen $\mu\text{g}/\text{l}$	-	10	100	300
Barium $\mu\text{g}/\text{l}$	-	10	45	-
Nickel $\mu\text{g}/\text{l}$	-	<20	<20	100
Kupfer $\mu\text{g}/\text{l}$	-	<10	<10	100
Chrom $\mu\text{g}/\text{l}$	-	<10	<10	50
Cadmium $\mu\text{g}/\text{l}$	-	-	<1	5
Kobalt $\mu\text{g}/\text{l}$	-	-	<10	-

Fortsetzung der Tabelle 9: Brunnen 5

	1.Probe- nahme 23.10.89	2.Probe- nahme 27.11.89	3.Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
organische Summenparameter:				
DOC mg/l	2,5	2,2	2,3	-
Gesantextrakt mg/l	0,22	0,21	0,24	-
Kohlenwasserstoffe mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Aromaten:				
Benzol µg/l	-	-	n.n.	10
Toluol µg/l	-	-	n.n.	20
Xylole µg/l	-	-	n.n.	-
chlororganische Verbindungen:				
AOX µg Cl/l	12	17	23	-
1,1-Dichlorethylen µg/l	-	-	n.n.	0,3
Chloroform µg/l	-	-	0,57	-
1,1,1-Trichlorethan µg/l	-	-	<0,07	-
1,2 Dichlorethan µg/l	-	-	n.n.	10
Tetrachlorkohlenstoff µg/l	-	-	n.n.	3
1,2 Dichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
Trichlorethylen µg/l	-	-	<0,1	-
Bromdichlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
1,1,2-Trichlorethan µg/l	-	-	n.n.	-
Dibromchlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
Perchlorethylen µg/l	-	-	0,095	10
1,4-Dichlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3-Trichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
1,4-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3,4-Tetrachlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
Triazine:				
Atrazin (Elisa) µg/l	0,6	0,8	0,7	-
Atrazin µg/l	-	0,47	0,51	2
Desethylatrazin µg/l	-	0,15	0,11	-
Desisopropylatrazin µg/l	-	-	n.n.	-
Simazin	-	-	n.n.	-

n.n.: nicht nachweisbar

fett gedruckte Werte: Grenzwerte bzw. Richt- oder Grenzwertüberschreitungen

Auffälligkeiten:

Physikalisch-chemische und
anorganische Parameter

Elektrische Leitfähigkeit
> 1.300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Kalium
sechsfach über dem Richt-
wert, Mangan und o-Phos-
phat > Richtwerte.

Organische Parameter

AOX leicht erhöht, Chloro-
form 0,57 $\mu\text{g}/\text{l}$, Perchlor-
ethylen 0,095 $\mu\text{g}/\text{l}$, Spuren
von 1,1,1-Trichlorethan und
Trichlorethylen; Atrazin
0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$, Desethylatrazin
0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$.



Tabelle 10: Brunnen 6, Untersuchungsergebnisse

BRUNNEN 6				
	1.Probe- nahme 23.10.89	2.Probe- nahme 27.11.89	3.Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
physikalisch-chemische Parameter:				
Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$	1557	1533	1717	-
pH-Wert	7,2	7,4	7,6	6,5-8,5
Temperatur $^{\circ}\text{C}$	12,3	11,2	11,2	-
gel. Sauerstoff mg/l	-	7	5,6	-
anorganische Parameter:				
Karbonathärte $^{\circ}\text{dH}$	-	-	27,7	-
Calcium mg/l	45	54	58	-
Magnesium mg/l	55	65	62	-
Natrium mg/l	81	79	80	50
Kalium mg/l	220	225	213	20
Sulfat mg/l	187	195	197	250
Chlorid mg/l	90	92	91	100
Nitrat mg/l	89	89	83	100
Nitrit mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,01/1
Ammonium mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Bor mg/l	-	-	0,21	1
o-Phosphat mg/l	-	-	<0,03	0,3
Schwermetalle:				
Blei $\mu\text{g}/\text{l}$	20	<20	<20	50
Aluminium $\mu\text{g}/\text{l}$	<30	<30	<30	100
Zink $\mu\text{g}/\text{l}$	40	40	10	3000
Mangan $\mu\text{g}/\text{l}$	-	20	5	100
Eisen $\mu\text{g}/\text{l}$	10	10	10	300
Barium $\mu\text{g}/\text{l}$	45	<10	35	-
Nickel $\mu\text{g}/\text{l}$	<20	<20	<20	100
Kupfer $\mu\text{g}/\text{l}$	<10	<10	<10	100
Chrom $\mu\text{g}/\text{l}$	<10	<10	<10	50
Cadmium $\mu\text{g}/\text{l}$	-	-	<1	5
Kobalt $\mu\text{g}/\text{l}$	<10	<10	<10	-

Fortsetzung der Tabelle 10: Brunnen 6

	1.Probe- nahme 23.10.89	2.Probe- nahme 27.11.89	3.Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
organische Summenparameter:				
DOC mg/l	2,8	2,8	2,9	-
Gesamtextrakt mg/l	0,14	0,21	0,16	-
Kohlenwasserstoffe mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Aromaten:				
Benzol µg/l	-	-	n.n.	10
Toluol µg/l	-	-	n.n.	20
Xylole µg/l	-	-	n.n.	-
chlororganische Verbindungen:				
AOX µg Cl/l	11	-	11	-
1,1-Dichlorethylen µg/l	-	-	n.n.	0,3
Chloroform µg/l	-	-	6,38	-
1,1,1-Trichlorethan µg/l	-	-	<0,07	-
1,2-Dichlorethan µg/l	-	-	n.n.	10
Tetrachlorkohlenstoff µg/l	-	-	n.n.	3
1,2-Dichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
Trichlorethylen µg/l	-	-	n.n.	-
Bromdichlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
1,1,2-Trichlorethan µg/l	-	-	n.n.	-
Dibromchlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
Perchloroethylen µg/l	-	-	0,06	10
1,4-Dichlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3-Trichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
1,4-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3,4-Tetrachlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
Triazine:				
Atrazin (Elisa) µg/l	0,05	<0,05	0,1	-

n.n.: nicht nachweisbar

fett gedruckte Werte: Grenzwerte bzw. Richt- oder Grenzwertüberschreitungen

Auffälligkeiten:

Physikalisch-chemische und
anorganische Parameter

Elektrische Leitfähigkeit
> 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Natrium
> Richtwert, Kalium elf-
fach über dem Richtwert.

Organische Parameter

Chloroform 6,38 $\mu\text{g}/\text{l}$, Per-
chloroethylen 0,06 $\mu\text{g}/\text{l}$, Spu-
ren von 1,1,1-Trichlorethan.

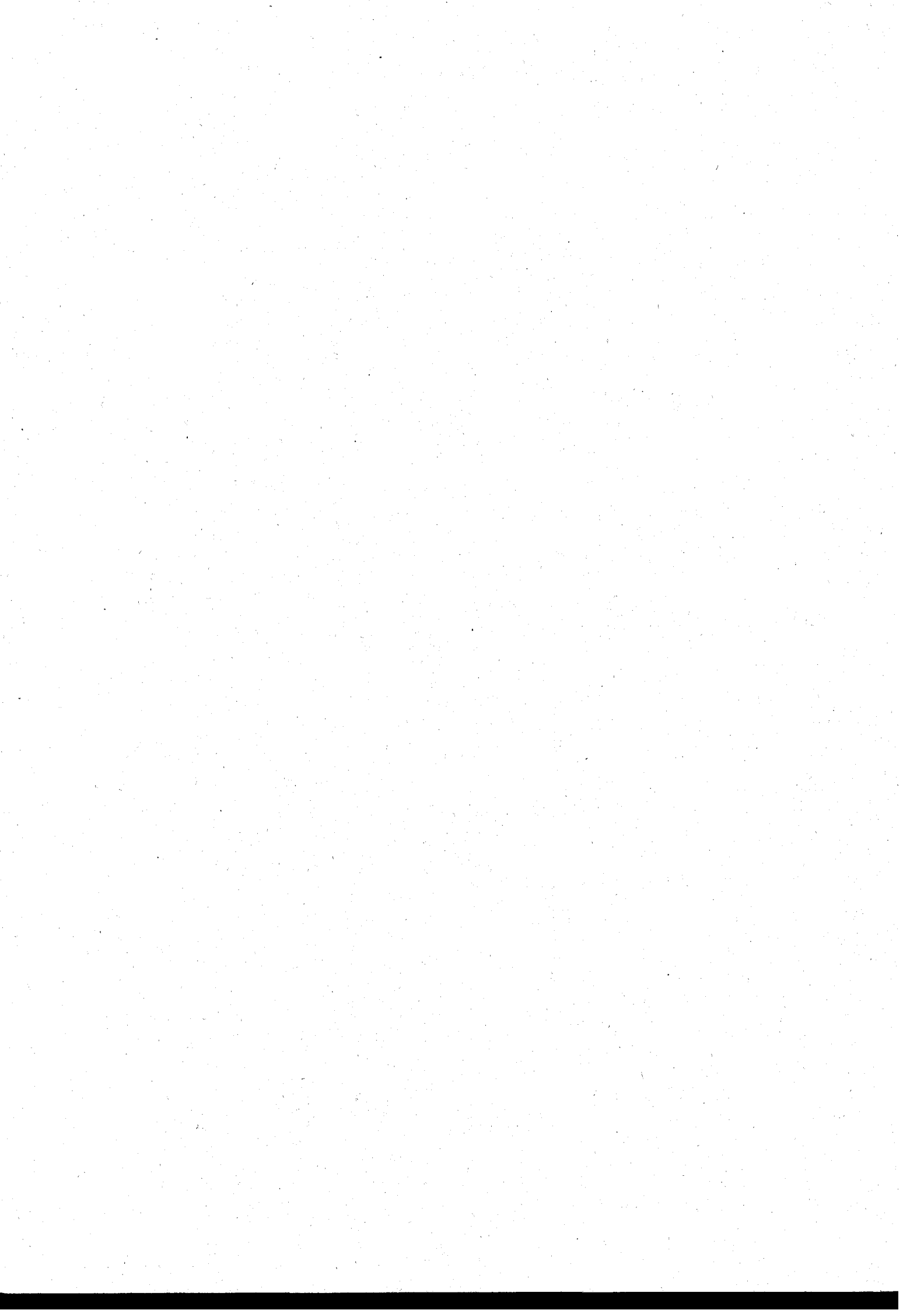


Tabelle 11: Brunnen 7, Untersuchungsergebnisse

BRUNNEN 7				
	1.Probe- nahme 23.10.89	2.Probe- nahme 27.11.89	3.Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
physikalisch-chemische Parameter:				
Leitfähigkeit $\mu\text{S/cm}$	1516	1416	1560	-
pH-Wert	7,1	7	7,4	6,5-8,5
Temperatur $^{\circ}\text{C}$	11,4	10,1	10,5	-
gel. Sauerstoff mg/l	-	7	5,6	-
anorganische Parameter:				
Karbonathärte $^{\circ}\text{dH}$	-	-	25,3	-
Calcium mg/l	-	72	87	-
Magnesium mg/l	-	70	75	-
Natrium mg/l	61	57	55	50
Kalium mg/l	139	143	132	20
Sulfat mg/l	218	221	216	250
Chlorid mg/l	88	82	77	100
Nitrat mg/l	110	98	72	100
Nitrit mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,01/1
Ammonium mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Bor mg/l	-	-	0,18	1
o-Phosphat mg/l	-	-	0,08	0,3
Schwermetalle:				
Blei $\mu\text{g/l}$	<20	<20	<20	50
Aluminium $\mu\text{g/l}$	<30	<30	<30	100
Zink $\mu\text{g/l}$	-	600	440	3000
Mangan $\mu\text{g/l}$	-	20	5	100
Eisen $\mu\text{g/l}$	-	290	150	300
Barium $\mu\text{g/l}$	-	<10	30	-
Nickel $\mu\text{g/l}$	-	<20	<20	100
Kupfer $\mu\text{g/l}$	-	<10	<10	100
Chrom $\mu\text{g/l}$	-	<10	<10	50
Cadmium $\mu\text{g/l}$	-	-	<1	5
Kobalt $\mu\text{g/l}$	-	-	<10	-

Fortsetzung der Tabelle 11: Brunnen 7

	1.Probe- nahme 23.10.89	2.Probe- nahme 27.11.89	3.Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
organische Summenparameter:				
DOC mg/l	2,2	1,8	2,1	-
Gesamtextrakt mg/l	0,25	0,13	0,15	-
Kohlenwasserstoffe mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Aromaten:				
Benzol µg/l	-	-	n.n.	10
Toluol µg/l	-	-	n.n.	20
Xylole µg/l	-	-	n.n.	-
chlororganische Verbindungen:				
AOX µg Cl/l	11	24	20	-
1,1-Dichlorethylen µg/l	-	-	n.n.	0,3
Chloroform µg/l	-	-	<0,3	-
1,1,1-Trichlorethan µg/l	-	-	<0,07	-
1,2-Dichlorethan µg/l	-	-	n.n.	10
Tetrachlorkohlenstoff µg/l	-	-	n.n.	3
1,2 Dichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
Trichlorethylen µg/l	-	-	<0,1	-
Bromdichlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
1,1,2-Trichlorethan µg/l	-	-	n.n.	-
Dibromchlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
Perchlorethylen µg/l	-	-	0,52	10
1,4-Dichlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3-Trichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
1,4-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3,4-Tetrachlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
Triazine:				
Atrazin (Elisa) µg/l	<0,05	0,05	0,05	-

n.n.: nicht nachweisbar

fett gedruckte Werte: Grenzwerte bzw. Richt- oder Grenzwertüberschreitungen

Auffälligkeiten:

Physikalisch-chemische und
anorganische Parameter

Elektrische Leitfähigkeit
> 1.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Natrium
> Richtwert, Kalium siebenfach über dem Richtwert, Nitrat > Grenzwert.

Organische Parameter

AOX leicht erhöht, Perchlor-
ethylen 0,52 $\mu\text{g}/\text{l}$, Spuren
von Chloroform, Trichlor-
ethylen und 1,1,1-Trichlor-
ethan.



Tabelle 12: Brunnen 8, Untersuchungsergebnisse

BRUNNEN 8				
	1.Probe- nahme 23.10.89	2.Probe- nahme 27.11.89	3.Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
physikalisch-chemische Parameter:				
Leitfähigkeit $\mu\text{S/cm}$	1757	1599	1767	-
pH-Wert	7,1	7,2	7,3	6,5-8,5
Temperatur $^{\circ}\text{C}$	11,9	10,8	10,8	-
gel. Sauerstoff mg/l	-	10,7	10,1	-
anorganische Parameter:				
Karbonathärte $^{\circ}\text{dH}$	-	-	25,3	-
Calcium mg/l	-	115	134	-
Magnesium mg/l	-	89	95	-
Natrium mg/l	63	57	58	50
Kalium mg/l	119	114	99	20
Sulfat mg/l	369	328	322	250
Chlorid mg/l	86	91	94	100
Nitrat mg/l	146	128	118	100
Nitrit mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,01/1
Ammonium mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Bor mg/l	-	-	0,19	1
o-Phosphat mg/l	-	-	0,06	0,3
Schwermetalle:				
Blei $\mu\text{g/l}$	<20	<20	<20	50
Aluminium $\mu\text{g/l}$	<30	<30	<30	100
Zink $\mu\text{g/l}$	-	120	45	3000
Mangan $\mu\text{g/l}$	-	20	5	100
Eisen $\mu\text{g/l}$	-	100	160	300
Barium $\mu\text{g/l}$	-	<10	25	-
Nickel $\mu\text{g/l}$	-	<20	<20	100
Kupfer $\mu\text{g/l}$	-	<10	18	100
Chrom $\mu\text{g/l}$	-	<10	<10	50
Cadmium $\mu\text{g/l}$	-	-	<1	5
Kobalt $\mu\text{g/l}$	-	-	<10	-

Fortsetzung der Tabelle 12: Brunnen 8

	1.Probe- nahme 23.10.89	2.Probe- nahme 27.11.89	3.Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
organische Summenparameter:				
DOC mg/l	2,1	1,8	2,2	-
Gesamtextrakt mg/l	0,15	0,15	0,14	-
Kohlenwasserstoffe mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Aromaten:				
Benzol µg/l	-	-	n.n.	10
Toluol µg/l	-	-	n.n.	20
Xylole µg/l	-	-	n.n.	-
chlororganische Verbindungen:				
AOX µg Cl/l	9	19	5	-
1,1 Dichlorethylen µg/l	-	-	n.n.	0,3
Chloroform µg/l	-	-	1,35	-
1,1,1-Trichlorethan µg/l	-	-	n.n.	-
1,2-Dichlorethan µg/l	-	-	n.n.	10
Tetrachlorkohlenstoff µg/l	-	-	n.n.	3
1,2 Dichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
Trichlorethylen µg/l	-	-	<0,1	-
Bromdichlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
1,1,2-Trichlorethan µg/l	-	-	n.n.	-
Dibromchlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
Perchlorethylen µg/l	-	-	<0,03	10
1,4-Dichlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3-Trichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
1,4-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3,4-Tetrachlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
Triazine:				
Atrazin (Elisa) µg/l	<0,05	0,06	0,3	-

n.n.: nicht nachweisbar

fett gedruckte Werte: Grenzwerte bzw. Richt- oder Grenzwertüberschreitungen

Auffälligkeiten:

Physikalisch-chemische und
anorganische Parameter

Elektrische Leitfähigkeit
> 1.590 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Natrium
> Richtwert, Kalium fünf-
fach über dem Richtwert,
Grenzwertüberschreitungen
bei Nitrat und Sulfat.

Organische Parameter

Chloroform 1,35 $\mu\text{g}/\text{l}$, Spuren
von Trichlorethylen und Per-
chlorethylen.

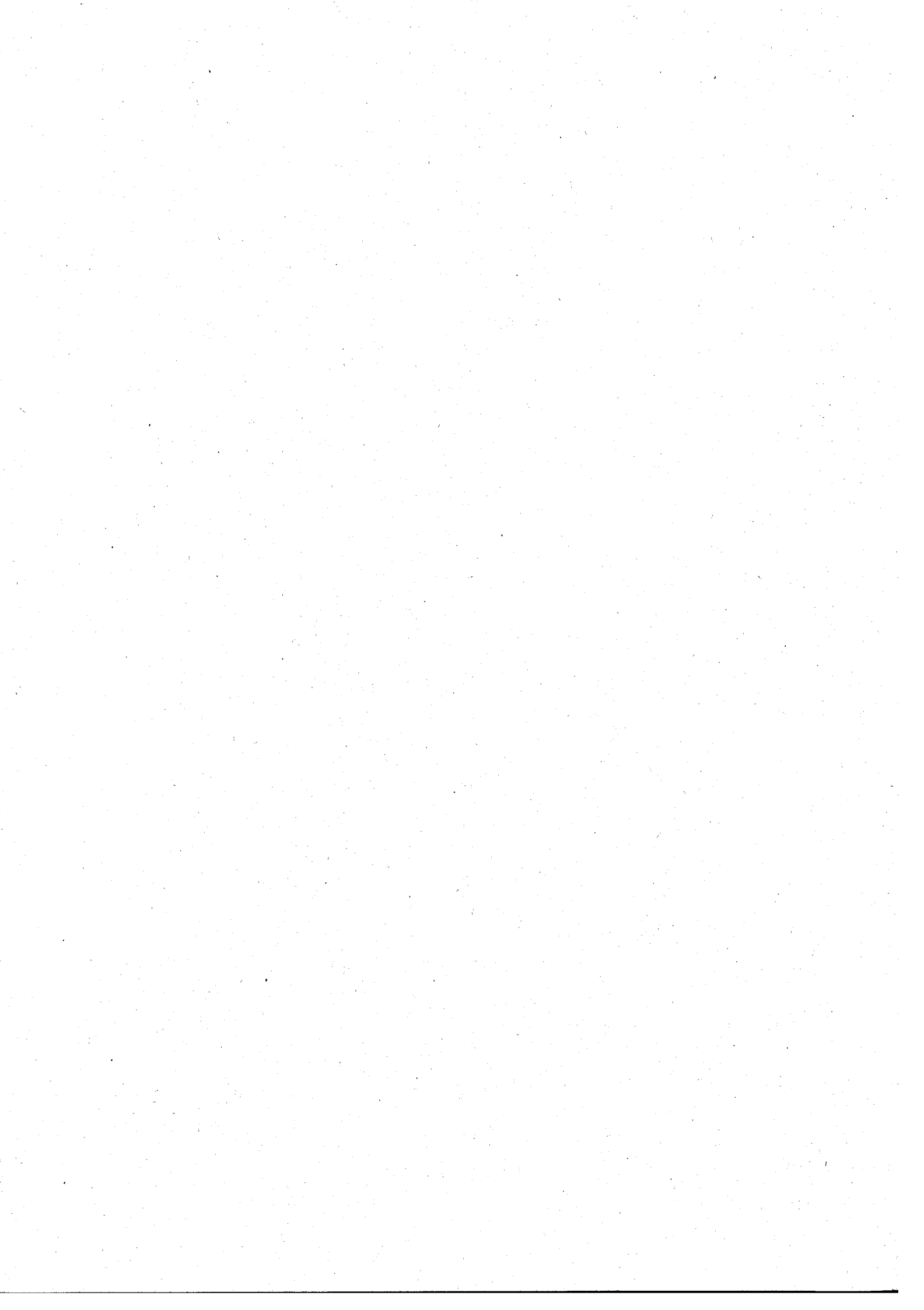


Tabelle 13: Brunnen 9, Untersuchungsergebnisse

BRUNNEN 9				
	1.Probe-	2.Probe-	3.Probe-	Richt-/
	nahme	nahme	nahme	Grenzwert
	23.10.89	27.11.89	26.3.90	
physikalisch-chemische Parameter:				
Leitfähigkeit $\mu\text{S/cm}$	1338	1317	1456	-
pH-Wert	7,2	7,2	7,2	6,5-8,5
Temperatur $^{\circ}\text{C}$	12,1	9,1	8,3	-
gel. Sauerstoff mg/l	-	7,7	4,3	-
anorganische Parameter:				
Karbonathärte $^{\circ}\text{dH}$	-	-	30,4	-
Calcium mg/l	-	97	115	-
Magnesium mg/l	-	80	91	-
Natrium mg/l	41	46	44	50
Kalium mg/l	61	68	58	20
Sulfat mg/l	130	132	140	250
Chlorid mg/l	77	79	80	100
Nitrat mg/l	39	37	27	100
Nitrit mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,01/1
Ammonium mg/l	0,17	0,06	0,05	0,05
Bor mg/l	-	-	0,26	1
o-Phosphat mg/l	-	-	0,81	0,3
Schwermetalle:				
Blei $\mu\text{g/l}$	<20	<20	<20	50
Aluminium $\mu\text{g/l}$	<30	<30	<30	100
Zink $\mu\text{g/l}$	-	50	35	3000
Mangan $\mu\text{g/l}$	-	50	60	100
Eisen $\mu\text{g/l}$	-	10	70	300
Barium $\mu\text{g/l}$	-	30	55	-
Nickel $\mu\text{g/l}$	-	<20	<20	100
Kupfer $\mu\text{g/l}$	-	<10	<10	100
Chrom $\mu\text{g/l}$	-	<10	<10	50
Cadmium $\mu\text{g/l}$	-	-	<1	5
Kobalt $\mu\text{g/l}$	-	<10	<10	-
organische Summenparameter:				
DOC mg/l	2,6	3,2	3,2	-
Gesamtextrakt mg/l	0,13	0,23	0,18	-
Kohlenwasserstoffe mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,1

Fortsetzung der Tabelle 13: Brunnen 9

	1.Probe- nahme 23.10.89	2.Probe- nahme 27.11.89	3.Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
--	-------------------------------	-------------------------------	------------------------------	----------------------

Aromaten:

Benzol µg/l	-	-	n.n.	10
Toluol µg/l	-	-	n.n.	20
Xylol µg/l	-	-	n.n.	-

chlororganische Verbindungen:

AOX µg Cl/l	15	45	5	-
1,1-Dichlorethylen µg/l	-	-	n.n.	0,3
Chloroform µg/l	-	-	0,94	-
1,1,1-Trichlorethan µg/l	-	-	n.n.	-
1,2-Dichlorethan µg/l	-	-	n.n.	10
Tetrachlorkohlenstoff µg/l	-	-	n.n.	3
1,2-Dichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
Trichlorethylen µg/l	-	-	n.n.	-
Bromdichlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
1,1,2-Trichlorethan µg/l	-	-	n.n.	-
Dibromchlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
Perchlorethylen µg/l	-	-	n.n.	10
1,4-Dichlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3-Trichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
1,4-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3,4-Tetrachlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-

Triazine:

Atrazin (Elisa) µg/l	18	22,5	11	-
Atrazin µg/l*	16,8	12	11	2
Desethylatrazin µg/l*	1,7	1,3	0,2	-
Desisopropylatrazin µg/l*	-	-	n.n.	-
Simazin µg/l*	-	-	0,05	-

n.n.: nicht nachweisbar

fett gedruckte Werte: Grenzwerte bzw. Richt- oder Grenzwertüberschreitungen

* Die Untersuchungsergebnisse wurden auch massenspektrometrisch abgesichert.

Auffälligkeiten:

Physikalisch-chemische und anorganische Parameter

Elektrische Leitfähigkeit > 1.300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Kalium dreifach über dem Richtwert, Ammonium und o-Phosphat > Richtwerte.

Organische Parameter

DOC leicht erhöht, AOX bei der 2. Probenahme 45 $\mu\text{g}/\text{l}$! Chloroform 0,94 $\mu\text{g}/\text{l}$; bei allen 3 Probenahmen Atrazin > 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ (zumindest fünf-fach über dem Grenzwert von 2 $\mu\text{g}/\text{l}$!); Desethylatrazin bei 2 Probenahmen > 1 $\mu\text{g}/\text{l}$; Simazin 0,05 $\mu\text{g}/\text{l}$!



Tabelle 14: Brunnen 10, Untersuchungsergebnisse

BRUNNEN 10				
	1. Probe- nahme 23.10.89	2. Probe- nahme 27.11.89	3. Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
physikalisch-chemische Parameter:				
Leitfähigkeit $\mu\text{S/cm}$	1462	1425	1655	-
pH-Wert	7,2	7	7,5	6,5-8,5
Temperatur $^{\circ}\text{C}$	11,5	10,8	10,7	-
gel. Sauerstoff mg/l	-	9,6	10,3	-
anorganische Parameter:				
Karbonathärte $^{\circ}\text{dH}$	-	-	24,7	-
Calcium mg/l	-	100	123	-
Magnesium mg/l	-	80	92	-
Natrium mg/l	46	49	47	50
Kalium mg/l	94	95	95	20
Sulfat mg/l	234	240	258	250
Chlorid mg/l	80	81	80	100
Nitrat mg/l	97	99	107	100
Nitrit mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,01/1
Ammonium mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Bor mg/l	-	-	0,2	1
o-Phosphat mg/l	-	-	0,1	0,3
Schwermetalle:				
Blei $\mu\text{g/l}$	20	<20	<20	50
Aluminium $\mu\text{g/l}$	<30	<30	<30	100
Zink $\mu\text{g/l}$	-	180	450	3000
Mangan $\mu\text{g/l}$	-	20	5	100
Eisen $\mu\text{g/l}$	-	50	70	300
Barium $\mu\text{g/l}$	-	60	95	-
Nickel $\mu\text{g/l}$	-	<20	<20	100
Kupfer $\mu\text{g/l}$	-	<10	<10	100
Chrom $\mu\text{g/l}$	-	<10	<10	50
Cadmium $\mu\text{g/l}$	-	-	<1	5
Kobalt $\mu\text{g/l}$	-	-	<10	-

Fortsetzung der Tabelle 14: Brunnen 10

	1. Probe- nahme 23.10.89	2. Probe- nahme 27.11.89	3. Probe- nahme 26.3.90	Richt-/ Grenzwert
organische Summenparameter:				
DOC mg/l	2,2	1,8	2,0	-
Gesamtextrakt mg/l	0,1	-	0,14	-
Kohlenwasserstoffe mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Aromaten:				
Benzol µg/l	-	-	n.n.	10
Toluol µg/l	-	-	n.n.	20
Xylole µg/l	-	-	n.n.	-
chlororganische Verbindungen:				
AOX µg Cl/l	6	15	12	-
1,1-Dichlorethylen µg/l	-	-	n.n.	0,3
Chloroform µg/l	-	-	0,87	-
1,1,1-Trichlorethan µg/l	-	-	<0,07	-
1,2-Dichlorethan µg/l	-	-	n.n.	10
Tetrachlorkohlenstoff µg/l	-	-	n.n.	3
1,2-Dichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
Trichlorethylen µg/l	-	-	<0,1	-
Bromdichlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
1,1,2-Trichlorethan µg/l	-	-	n.n.	-
Dibromchlormethan µg/l	-	-	n.n.	-
Perchlorethylen µg/l	-	-	0,15	10
1,4-Dichlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3-Trichlorpropan µg/l	-	-	n.n.	-
1,4-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2-Dichlorbenzol µg/l	-	-	n.n.	-
1,2,3,4-Tetrachlorbutan µg/l	-	-	n.n.	-
Triazine:				
Atrazin (Elisa) µg/l	0,5	-	0,19	-
Atrazin µg/l	-	0,04	0,46	2
Desethylatrazin µg/l	-	0,05	0,06	-
Desisopropylatrazin µg/l	-	-	n.n.	-

n.n.: nicht nachweisbar

fett gedruckte Werte: Grenzwerte bzw. Richt- oder Grenzwertüberschreitungen

Auffälligkeiten:

Physikalisch-chemische und
anorganische Parameter

Elektrische Leitfähigkeit
> 1.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Kalium
vierfach über dem Richt-
wert, Sulfat und Nitrat
> Grenzwerte.

Organische Parameter

Chloroform 0,87 $\mu\text{g}/\text{l}$, Per-
chlorethylen 0,15 $\mu\text{g}/\text{l}$, Spu-
ren von 1,1,1-Trichlorethan
und Trichlorethylen. Positi-
ver Atrazin- und Desethyl-
atrazinbefund.



4.2. Ergebnisse der Screeninguntersuchungen

Eine Probe aus dem Brunnen 1, Probenahme 26. März 1990, wurde mit dem Lösungsmittel Hexan extrahiert. Mit dem Hexanextrakt wurde dann ein umfassendes GC-MS-, GC-FID- und GC-ECD-Screening durchgeführt (siehe Punkt 3.3.4.):

GC-MS

Die Analyse ergab als Inhaltsstoffe Phthalate und Alkane. Den beiden Substanzklassen konnten im Chromatogramm jeweils zwei Peaks zugeordnet werden, wobei ein Alkan als Heneicosan identifiziert werden konnte; das andere Alkan ist eine verzweigte Verbindung mit einer Kettenlänge von ca. 15 - 20 Kohlenstoffatomen. Die beiden Phthalate wurden im Rahmen der Übersichtsanalyse nicht näher identifiziert, ihre Zuordnung zur Substanzklasse Phthalsäureester ist jedoch gesichert.

GC-MS/GC-FID

Die Übereinstimmung der Chromatogramme der GC-MS- und GC-FID-Analysen (daher nur GC-FID abgebildet) läßt den Schluß zu, daß außer den oben beschriebenen keine weiteren verdampfbaren Verbindungsklassen in nennenswerter Menge in der untersuchten Probe vorkommen. Die angewendete Methode würde Kohlenwasserstoffe mit einer Kettenlänge bis zu 30 Kohlenstoffatomen (z.B. Mineralöle und deren Abbauprodukte) ab 50 ng/l erfassen. Ein für Mineralölprodukte typisches "GC-Muster" ist jedoch in der Probe nicht enthalten.

GC-FID/GC-ECD

Die Chromatogramme sind retentionszeitmäßig vergleichbar, da bei der FID- und ECD-Detektion die gleiche GC-Säule und das gleiche Temperaturprogramm angewendet wurden.

GC-ECD

Der ECD zeigt ein Chromatogramm mit 10 signifikanten Peaks in einem Temperaturbereich von 140 °C bis 220 °C.

Die leichtflüchtigen CKWs werden bei dieser Screeningmethode nicht miterfaßt.

In den Abbildungen 3 und 4 sind die GC-Chromatogramme der Probe aus dem Brunnen 1 (Probenahme 26. März 1990) dargestellt.

Abbildung 3: ECD-Screening der Probe des Brunnen 1

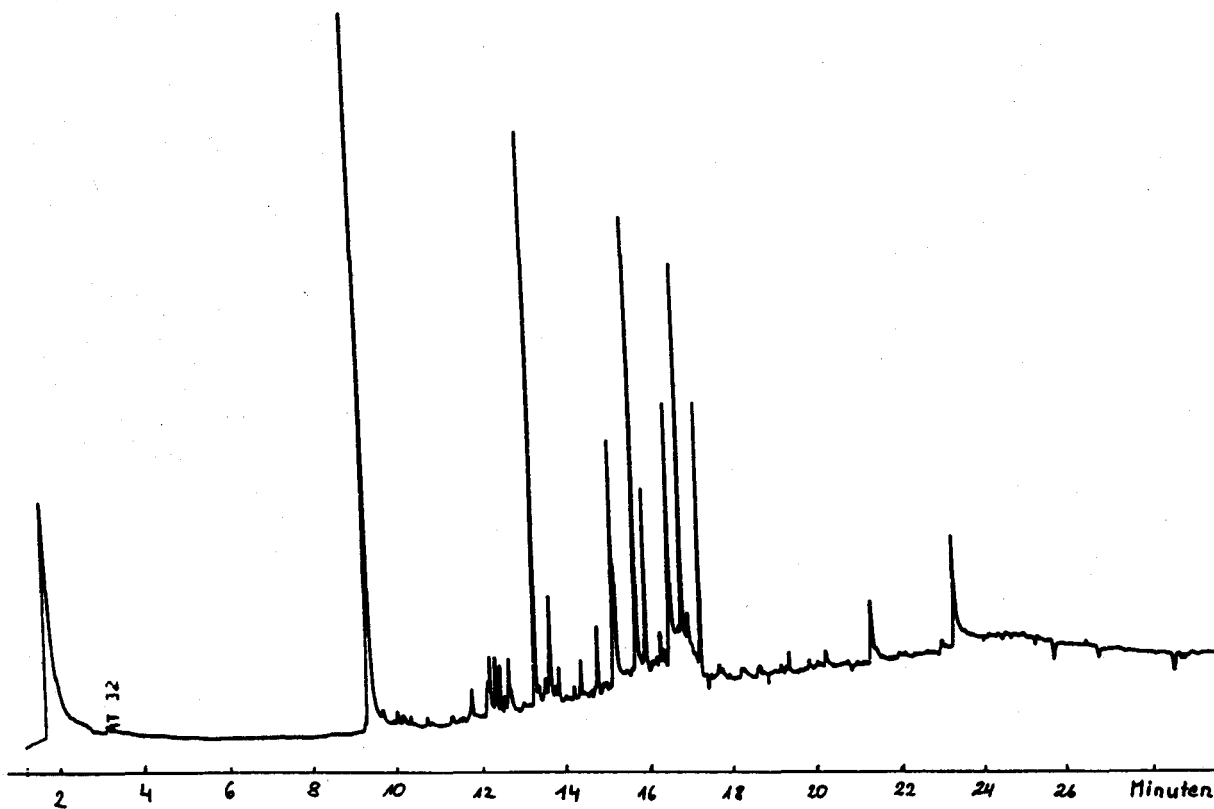
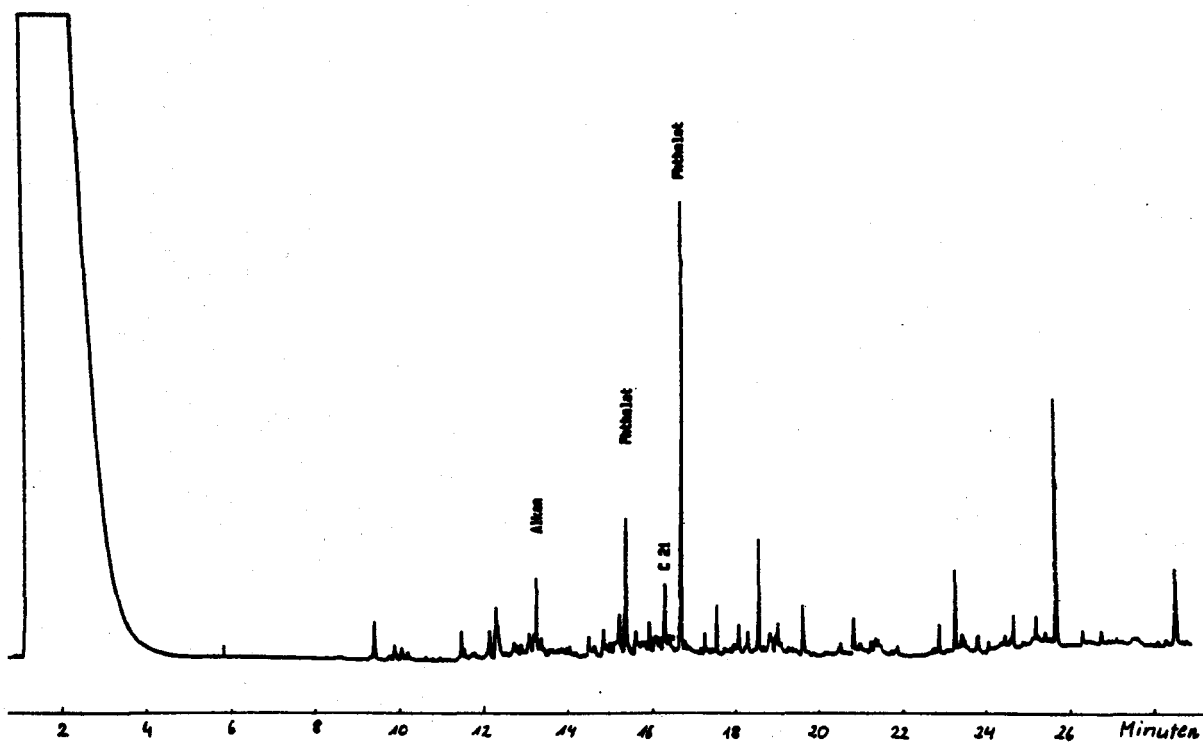
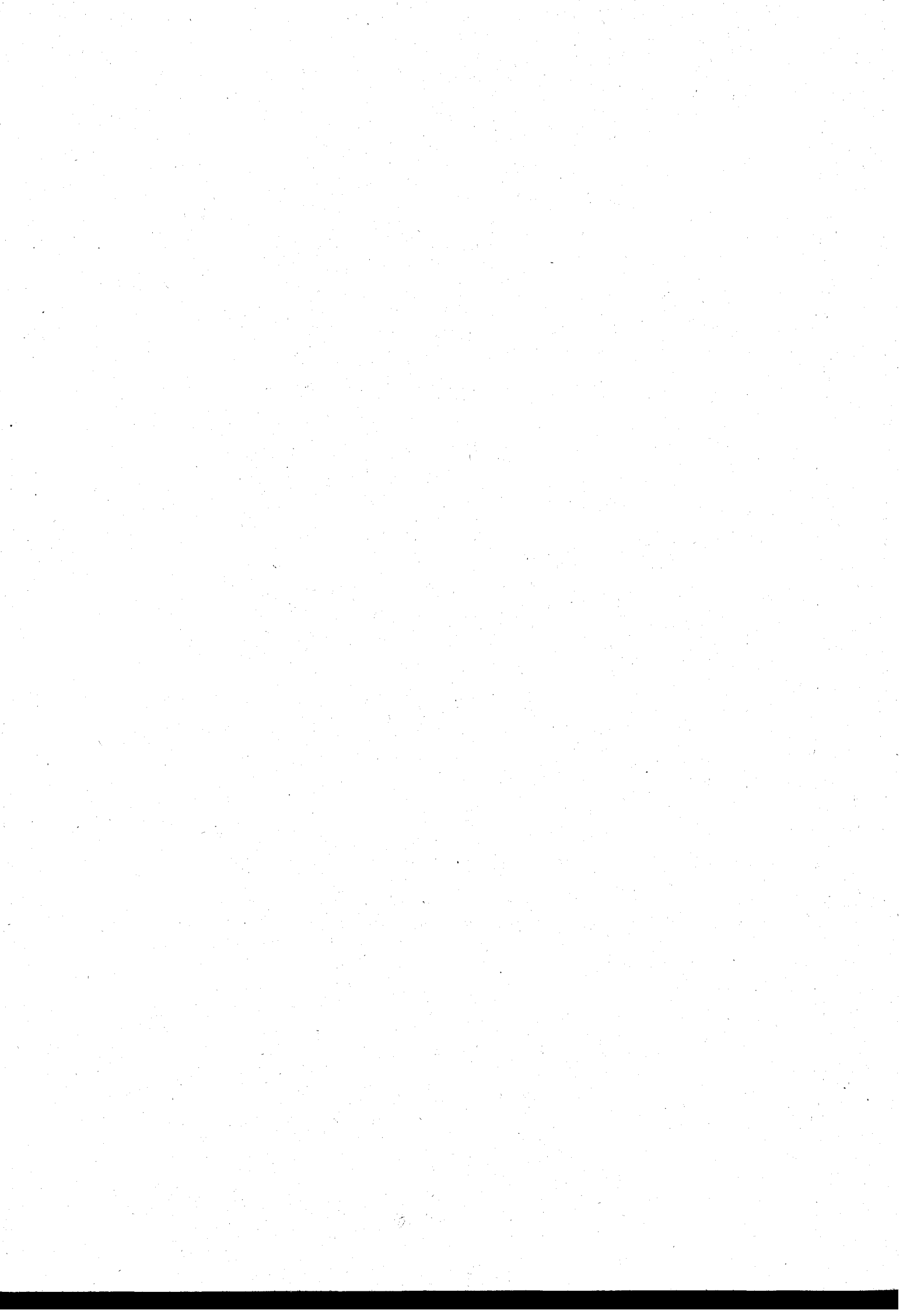


Abbildung 4: FID-Screening der Probe des Brunnen 1



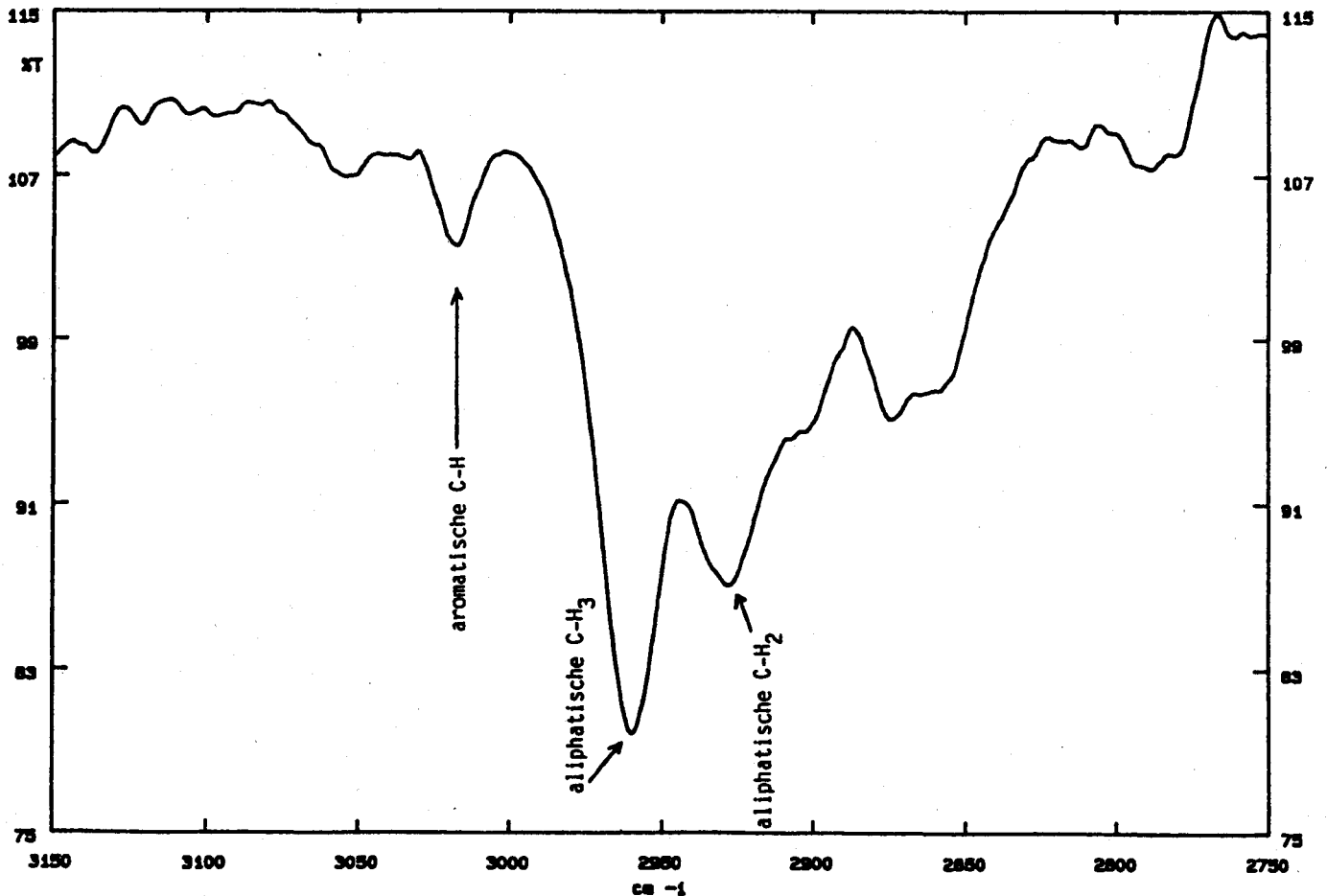


Da das Grundwasser des Brunnen 1 bei allen Untersuchungen positive Befunde beim Summenparameter "Kohlenwasserstoffe" (siehe Punkt 3.3.1.) aufwies, wurde der Brunnen am 2. Juli 1990 noch einmal beprobt.

Auch bei dieser Untersuchung wurde mit 0,16 mg "Kohlenwasserstoffe"/l wieder eine Grenzwertüberschreitung nachgewiesen (Grenzwert: 0,1 mg/l).

Abbildung 5 zeigt den Ausschnitt eines IR-Spektrums dieser Probe, welcher zur Berechnung der Konzentration an Kohlenwasserstoffen herangezogen wurde.

Abbildung 5: IR-Spektrum der Probe aus dem Brunnen 1 (Bereich $3.150 - 2.750 \text{ cm}^{-1}$)



Das Gesamtextrakt (siehe Punkt 3.3.1.) wurde dann für eine zweite, von der ersten völlig unabhängigen Screeninguntersuchung (verschiedene Probenvorbereitung, verschiedene Analysengeräte) am GC-FID und am GC-IRD-MSD vermessen.

GC-FID

Das GC-FID-Chromatogramm wies die Mehrzahl der Signale in einem Bereich von 180 °C bis 280 °C auf und deutete somit auf das Vorhandensein höhersiedender Verunreinigungen des Grundwassers hin.

GC-IRD-MSD

2 Peaks konnten durch Übereinstimmung der Retentionszeiten von Standards und der Probenkomponenten in den GC-Chromatogrammen und Vergleich der IR- und MS-Spektren mit vorhandenen Spektren eindeutig als die Alkane Hexadecan und Octadecan identifiziert werden. Weitere drei Peaks im Chromatogramm wurden der Gruppe der Phthalsäureester zugeordnet. Durch Auswertung der IR- und MS-Spektren und Vergleich der Retentionszeiten von Standards konnten zwei der Substanzen eindeutig als Dibutylphthalat (DBP) und Di-2-ethylhexylphthalat (DEHP) identifiziert werden (siehe Abbildungen 6, 7, 8 und 9).

Abbildung 6: GC-MSD-Chromatogramm der Probe des Brunnen 1,
Probenahme 2. Juli 1990

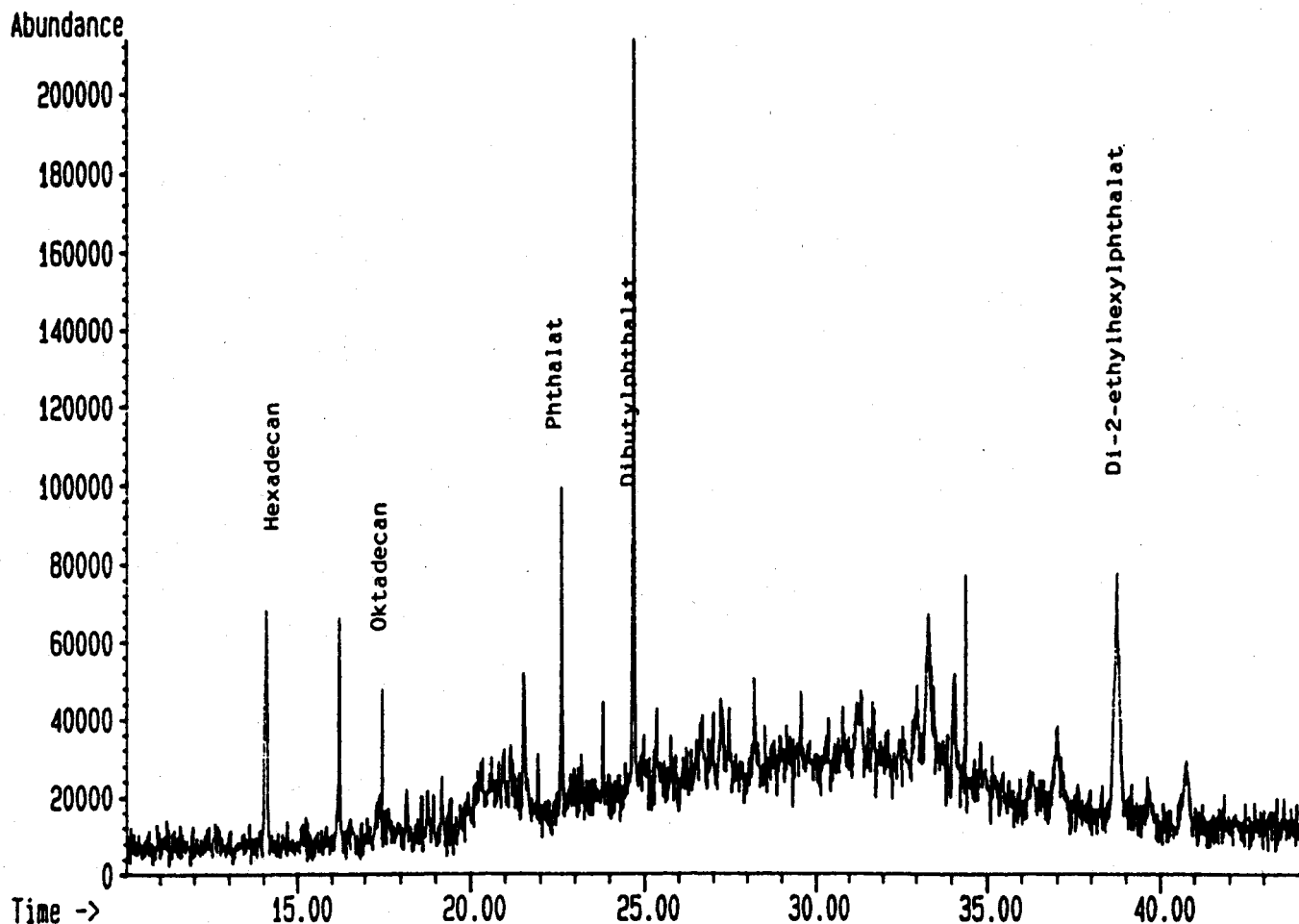


Abbildung 7a:
MS-Spektrum von DBP, Probe
des Brunnen 1, Probenahme
2. Juli 1990

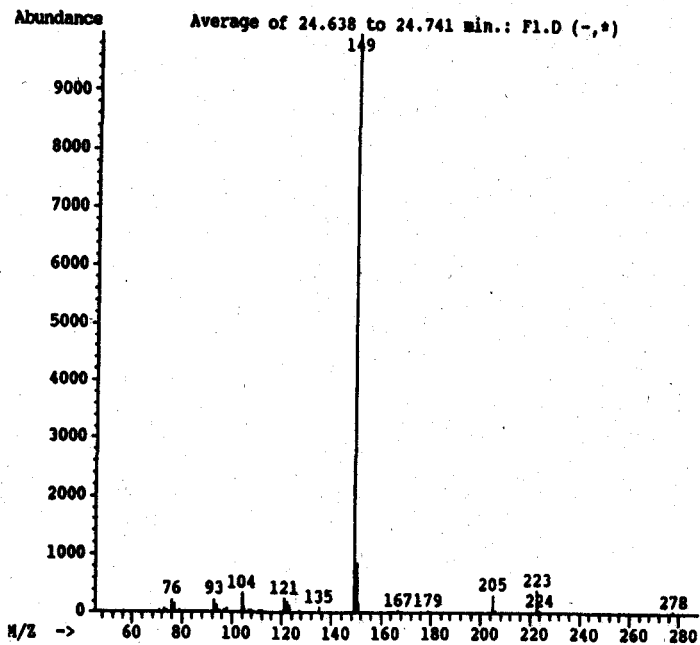


Abbildung 7b:
Vergleichsspektrum von DBP

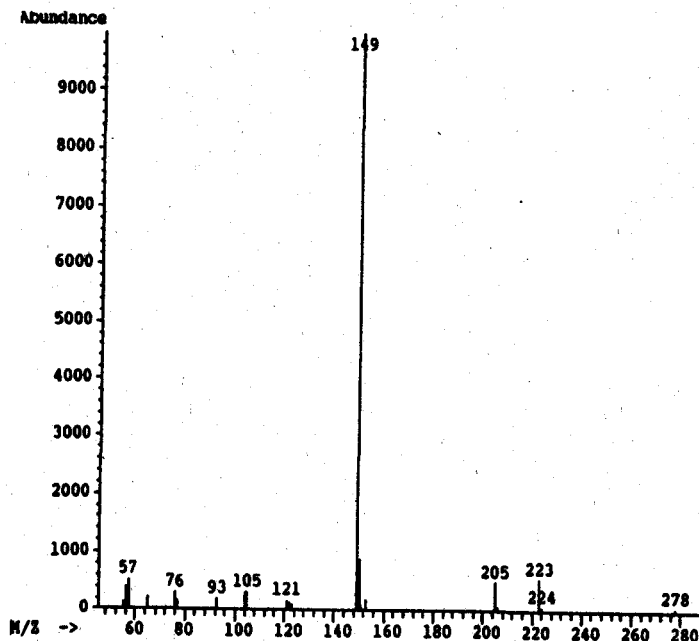


Abbildung 8a:
MS-Spektrum von DEHP, Probe
des Brunnen 1, Probenahme
2. Juli 1990

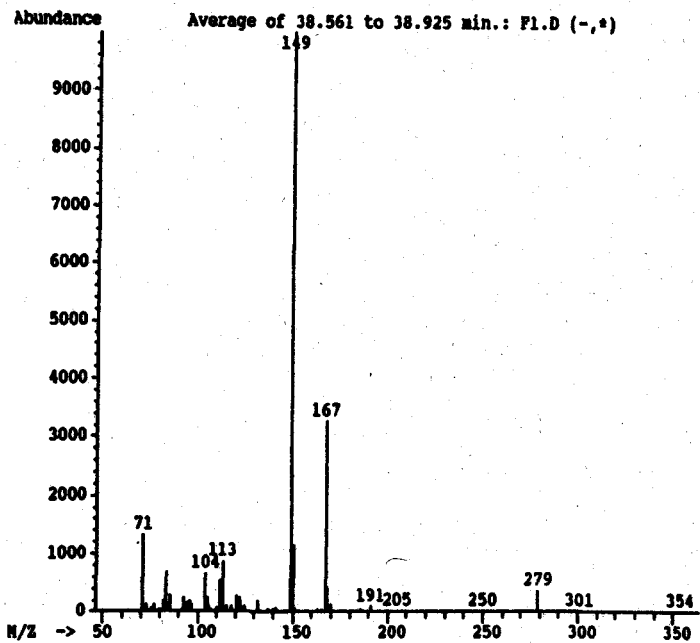


Abbildung 8b:
Vergleichsspektrum von DEHP

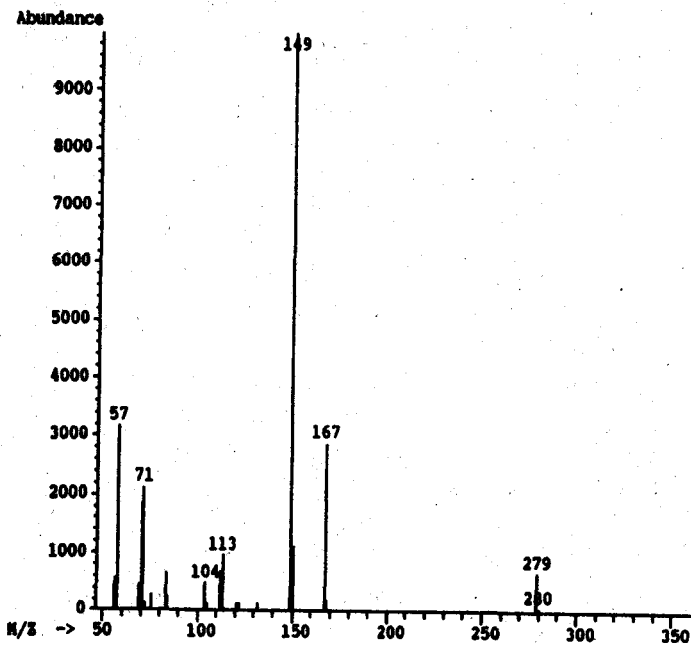


Abbildung 9a: Charakteristisches IR-Spektrum von Phthalaten am Beispiel von DBP, Probe des Brunnen 1, Probenahme 2. Juli 1990

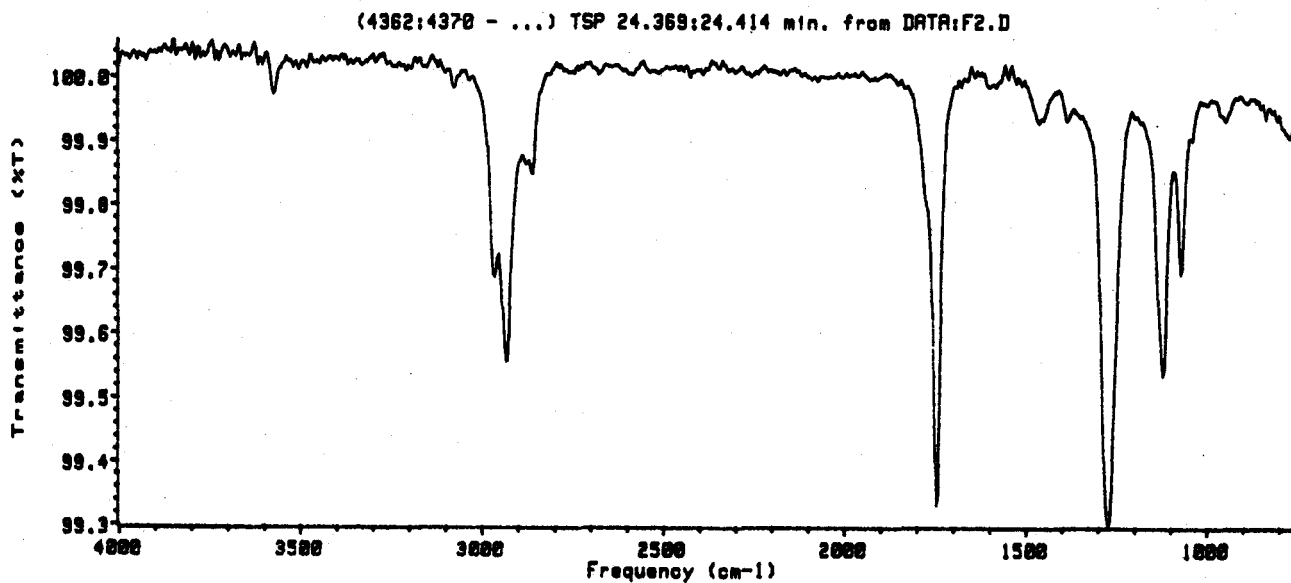
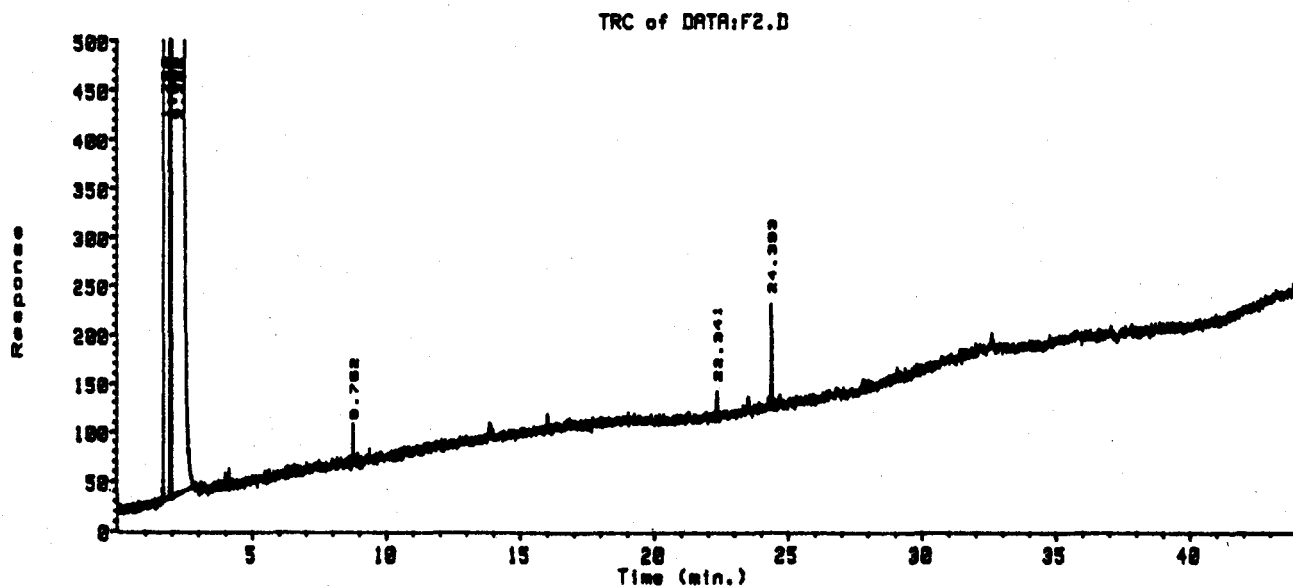
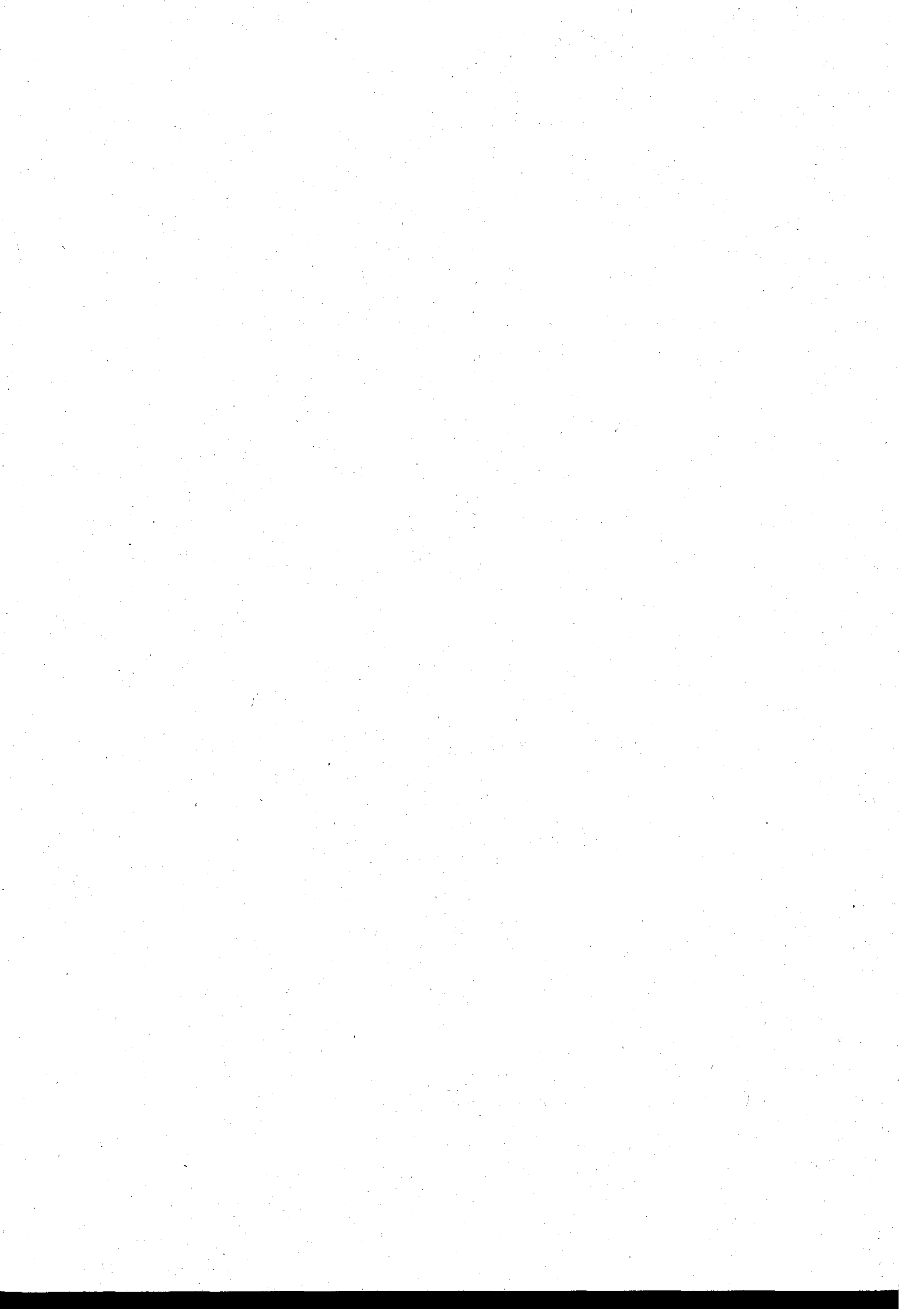


Abbildung 9b: GC-Chromatogramm mit IRD-Detektion, Probe des Brunnen 1, Probenahme 2. Juli 1990





5. ZUSAMMENFASSENDE BETRACHTUNG UND INTERPRETATION DER ANALYSENERGEBNISSE

5.1. Physikalisch-chemische und anorganische Parameter

Bei allen Untersuchungen im Rahmen dieser Studie fallen die für Grundwasser hohen Werte der elektrischen Leitfähigkeit, der Karbonathärten, der Calcium- und Magnesiumionen auf.

Elektrische Leitfähigkeit

Die gemessenen Werte für die elektrische Leitfähigkeit liegen bei allen untersuchten Proben über 1.300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, der Maximalwert bei 1.750 $\mu\text{S}/\text{cm}$! Diese hohen Werte sind ein Hinweis auf einen großen Anteil gelöster Salze im Grundwasser. Sie sind vermutlich zum Teil geologisch bedingt, können aber auch teilweise durch anthropogene Einflüsse verursacht werden.

Karbonathärte

Das Analysenprogramm wurde bei der dritten Untersuchung erweitert. So wurde neben zusätzlichen organischen Parametern auch die Karbonathärte des Wassers bestimmt. Diese lag in einem Bereich von 24,7 bis 36 $^{\circ}\text{dH}$.

Calcium und Magnesium

Bei zwei Untersuchungen wurde auch der Gehalt an Calcium- und Magnesiumsalzen (deren Summe umgerechnet die Gesamthärte ergibt) bestimmt. Die Mittelwerte sind in Tabelle 15 angeführt.

Tabelle 15: Calcium- und Magnesiumwerte, Mittelwerte aus zwei Untersuchungen

C a l c i u m		M a g n e s i u m	
Bereich	Anzahl der Brunnen	Bereich	Anzahl der Brunnen
< 70 mg/l	1	< 70 mg/l	1
70 - 100 mg/l	3	70 - 100 mg/l	8
100 - 140 mg/l	6	100 - 140 mg/l	1
Gesamtmittelwert: 100,6 mg/l		85,0 mg/l	
Min.:	56 mg/l	63,5 mg/l	
Max.:	138,5 mg/l	130,5 mg/l	

Das Wasser der untersuchten Hausbrunnen ist als hart bis sehr hart zu bezeichnen.

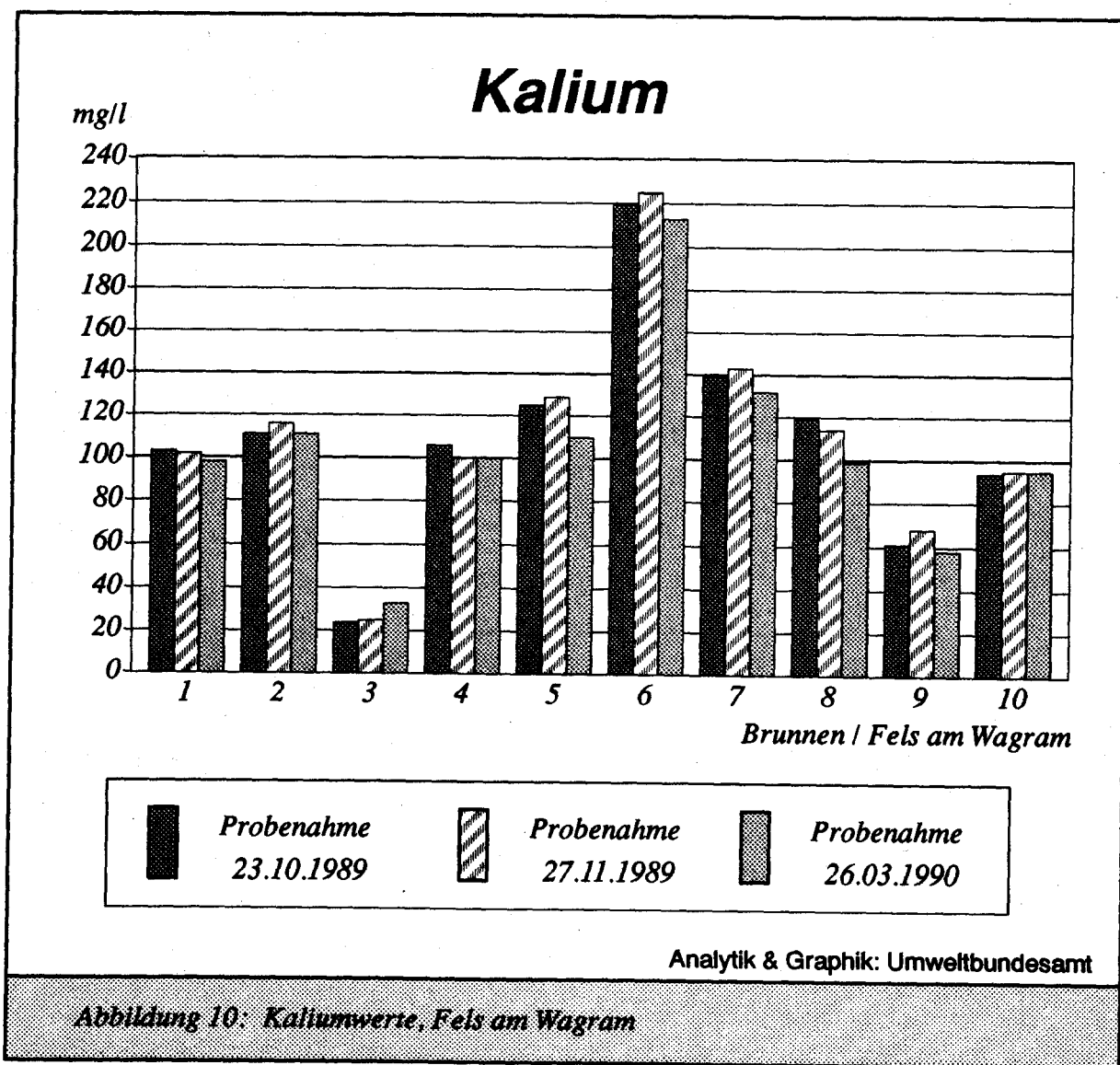
Natrium und Kalium

Natrium und Kalium kommen praktisch in allen Wässern vor. In der Regel liegt in nicht verunreinigten Grundwässern die Kaliumkonzentration stets unter dem Natriumgehalt.

Als auffallend sind daher die in fast allen Proben über den Natriumwerten liegenden, sehr hohen Kaliumgehalte zu bezeichnen. Nur bei der Probe aus dem Brunnen 3 wurden Konzentrationen unter 50 mg/l gemessen. In sieben von den zehn untersuchten Brunnen wurden Kaliumwerte von über 100 mg/l festgestellt (siehe Abbildung 10). Der Maximalwert von 225 mg Kalium/l in der Probe aus dem Brunnen 6 liegt elffach über dem Richtwert von 20 mg/l.

Auch die Natriumgehalte der einzelnen Grundwasserproben sind durchwegs erhöht. Sechs von zehn Proben weisen Richtwertüberschreitungen (mehr als 50 mg Natrium/l) auf.

Die Ursachen dieser nur schwer erklärbaren hohen Konzentrationen an Kalium und Natrium in den meisten Proben könnten, da auch die Sulfat- und Chloridwerte erhöht sind, möglicherweise in einer Überlagerung von Auswirkungen geologischer Gegebenheiten, undichter Kanalisationen, landwirtschaftlicher Bewirtschaftung (Düngung mit Kalisalzen) sowie der Verwendung von Streusalz liegen.



Nitrat, Sulfat, Chlorid

In den zehn Hausbrunnen wurden Nitratgehalte von < 2 mg/l bis zu einem Maximum von 146 mg/l festgestellt. Grenzwertüberschreitungen (mehr als 100 mg Nitrat/l) treten in den Proben der Brunnen 7, 8 und 10 auf.

Die erhöhten Nitratwerte im Grundwasser der untersuchten Brunnen dürften sowohl auf die Einflüsse landwirtschaftlicher Düngung als auch auf lokale Verunreinigungen zurückzuführen sein.

Grundsätzlich unterscheidet man bei der Nitratbelastung des Grundwassers zwischen punktuellen und diffusen Verunreinigungsquellen. Zu den punktuellen zählen z.B. Deponien, Abwasserversickerungen, undichte Kanalisationen und Senkgruben; eine diffuse, großflächige Nitrateinbringung erfolgt durch unsachgemäße landwirtschaftliche Bewirtschaftung (Bodenschutzkonzept/UMWELTBUNDESAMT, 1988).

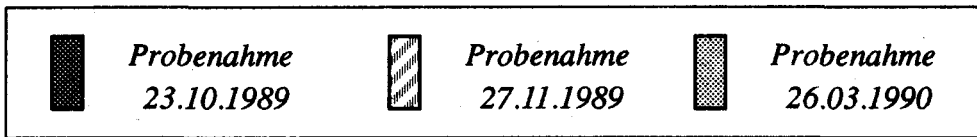
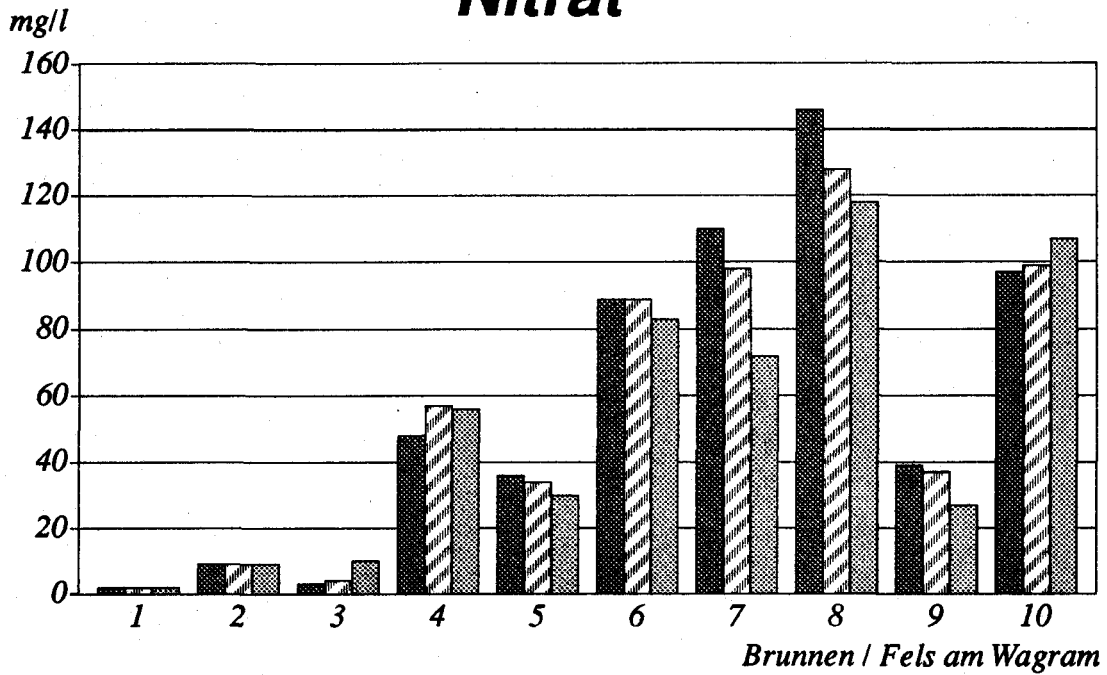
Die Sulfatkonzentrationen lagen bei den Proben 3, 4, 8 und 10 über dem Grenzwert von 250 mg/l.

Sulfat ist in der Natur als Magnesium-, Natrium- oder Calciumsulfat weit verbreitet. Die zum Teil relativ hohen Calcium-, Magnesium- und Natriumwerte der untersuchten Brunnen sowie Gipseinlagerungen in der tertiären Basis des Schotter weisen auf mögliche geologische Ursachen für eine Erhöhung des Sulfatgehaltes im Grundwasser hin.

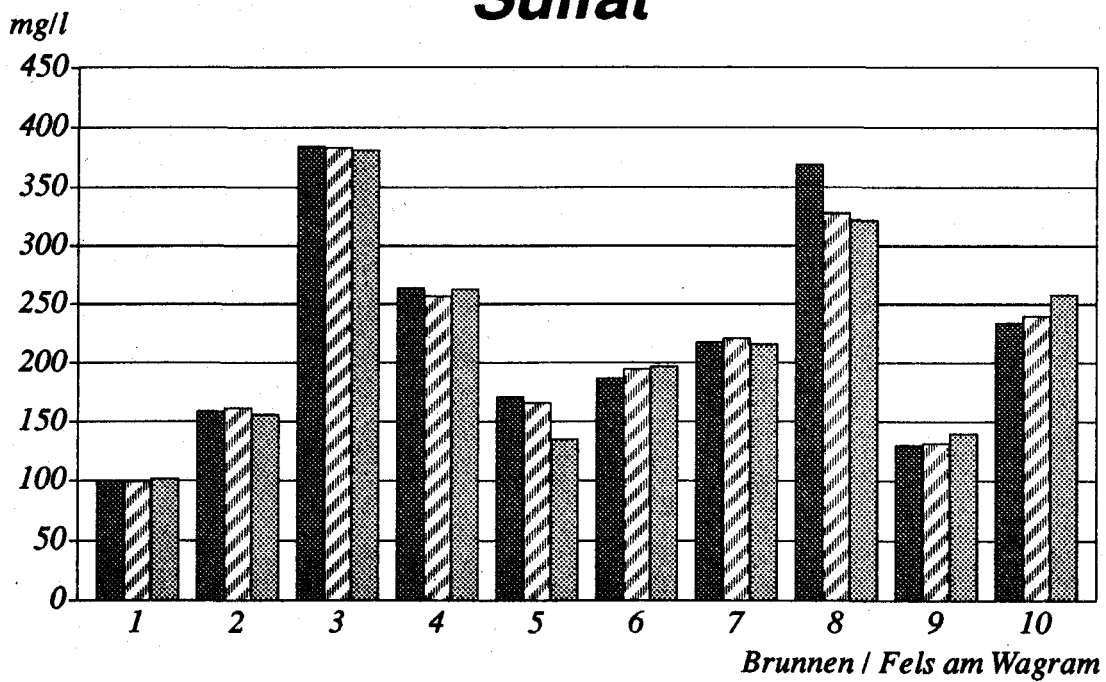
Erhöhte Sulfatwerte können aber auch durch verschiedene anthropogene Einflüsse (landwirtschaftliche Düngung, Jauche, Gülle, Stallmist, Mülldeponien, etc.) hervorgerufen werden.

In Abbildung 11 sind die Nitrat- und Sulfatwerte der untersuchten Proben dargestellt.

Nitrat



Sulfat



Analytik & Graphik: Umweltbundesamt

Abbildung 11: Nitrat- und Sulfatwerte, Fels am Wagram

Auch der Chloridgehalt des Grundwassers ist mit Werten von 68 mg/l bis 94 mg/l als relativ hoch einzustufen (Richtwert: 100 mg/l). Mögliche Ursachen für die hohen Werte könnten der Einsatz von chloridhaltigen Düngemitteln, die Verwendung von Streusalz, undichte Kanalisationen, Senk- und Sickergruben sein.

Bor, o-Phosphat, Ammonium und Nitrit

Die Gehalte an Nitrit (Richtwert: 0,01 mg/l) und Ammonium (Richtwert: 0,05 mg/l) lagen bei bei fast allen Proben unter der methodisch bedingten Bestimmungsgrenze (Ausnahmen: Nitrit in den Proben der Brunnen 3 und 4, Ammonium in den Proben 1, 3 und 9; es sei an dieser Stelle jedoch noch einmal erwähnt, daß der Brunnen 3 nicht mehr benutzt wird).

Bor (Richtwert: 1 mg/l) war mit 0,2 mg/l merklich erhöht. Nach SCHÖLLER (1981) sollten unbelastete Grundwässer in Ost-österreich Borgehalte um 0,01 mg/l aufweisen.

Das Bor könnte, falls nicht geogen bedingt, entweder aus undichten Kanalisationen (Wasch- und Reinigungsmittel in häuslichen Abwässern) oder von Düngemitteln stammen.

Erhöhte Phosphatwerte des Grundwassers - in vier Proben wurde der Richtwert von 0,3 mg/l überschritten - könnten ebenfalls durch Abwässer oder landwirtschaftliche Düngung verursacht werden.

Schwermetalle

Die im Rahmen dieser Untersuchungen analysierten Schwermetalle sind bis auf Richtwertüberschreitungen bei Eisen (mehr als 300 µg/l in den Brunnen 1 und 3) und Mangan (über 100 µg/l in Proben aus den Brunnen 1, 2, 3 und 5) nicht auffällig.

5.2. Organische Parameter

Kohlenwasserstoffe

Bei den in Grundwässern auftretenden organischen Verunreinigungen handelt es sich größtenteils um Verbindungen künstlichen Ursprungs, womit sich ein Hinweis auf anthropogene Einflüsse ergibt.

Im Grundwasser des Brunnen 1 wurden bei sämtlichen Untersuchungen Grenzwertüberschreitungen beim Summenparameter "Kohlenwasserstoffe" (von 0,15 mg/l bis 0,43 mg/l; Grenzwert: 0,1 mg/l) nachgewiesen.

Mit dem GC-MS-Screening der Probe aus dem Brunnen 1, Probe-
nahme März 1990, wurden Heneicosan und ein Kohlenwasserstoff
mit einer Kettenlänge von 15 bis 20 Kohlenstoffatomen, mit
dem GC-IRD-MSD-Screening der Probe vom 2. Juli 1990 Octade-
can, Hexadecan und höhersiedende Kohlenwasserstoffe in Spuren
identifiziert.

Auch das durchgeführte Nivellement bestätigt die Annahme, daß
die Grundwasserverunreinigung des Brunnen 1, der der ehemali-
gen Tankstelle am nächsten liegt, anthropogen bedingt ist.
Die gemessenen Kohlenwasserstoffgehalte im Brunnen 1 dürften
auf unsachgemäße Entfernung von Mineralölresten oder -produk-
ten bzw. auf undichte Leitungen oder Ölabscheider in der 1989
aufgelassenen Tankstelle und KFZ-Werkstätte zurückzuführen
sein. Es kann jedoch aus den Analysenergebnissen auf kein
spezielles Mineralölprodukt rückgeschlossen werden.

Alle anderen im Umfeld der Tankstelle gezogenen Grundwasser-
proben weisen keine erhöhten Werte beim Summenparameter
Kohlenwasserstoffe auf.

DOC (Dissolved Organic Carbon = gelöster organisch gebundener Kohlenstoffgehalt im Wasser)

Unter der Annahme, daß die Wasserprobe kaum Schwebstoffe organischer Herkunft enthält, sind die DOC-Gehalte den TOC-Gehalten (Total Organic Carbon = gesamter organisch gebundener Kohlenstoffgehalt einer Wasserprobe in Form von gelösten und ungelösten organischen Substanzen) gleichzusetzen. Obwohl Trinkwasser primär eine Lösung anorganischer Mineralstoffe darstellt, enthält jedes natürliche Wasser (Oberflächen-, Niederschlags- oder Grundwasser) zumindest Spuren organischer Materie in gelöster oder ungelöster Form sowie in unterschiedlichen Oxidationsstufen. Der DOC bzw. der TOC sagt zwar nichts über Art und Menge der vorliegenden organischen Substanzen aus, stellt aber einen bedeutsamen Parameter für eine generelle summarische Beurteilung der Verschmutzung des Wassers dar. In bestimmten Fällen ist er auch ein Maß für geogene organische Substanzen (Huminstoffe) (QUENTIN, 1988).

Die DOC-Werte der Proben aus den Brunnen 1 und 2 bewegen sich um 4 mg/l, die der Proben aus den Brunnen 3, 6 und 9 liegen um 3 mg/l. Bei den übrigen Proben wurden DOC-Werte um 2 mg/l gemessen.

Aromatische und chlororganische Verbindungen

Bei der dritten Untersuchung (März 1990) wurden alle Proben auf einige zusätzliche organische Einzelsubstanzen untersucht.

In keiner der zehn Proben konnten die einkernigen Aromaten Benzol, Toluol, Xylole, 1,4-Dichlorbenzol und 1,2-Dichlorbenzol oder gemischthalogenierte Methane, chlorierte Propane bzw. Butane nachgewiesen werden (siehe Tabelle 5 - 14).

Da bei den ersten beiden Untersuchungen das Wasser der Probe aus dem Brunnen 1 intensiv nach Benzin roch, gelblich gefärbt war, Grenzwertüberschreitungen bei Kohlenwasserstoffen und einen erhöhten DOC aufwies, wurde bei der dritten Untersuchung ein umfassendes Screening dieser Probe durchgeführt. Die Überblicksanalyse wurde im Juli 1990 unter geänderten Analysenbedingungen wiederholt, um ein größtmögliches Spektrum an Substanzen zu erfassen (siehe Kapitel 4.1. und 4.2.).

Es wurde festgestellt, daß das Grundwasser des Brunnen 1 Stoffe enthält, die der Gruppe der Phthalate zugeordnet werden können (Dibutylphthalat und Di-2-ethylhexylphthalat).

Von den heute bekannten, ungefähr fünf Millionen chemischen Substanzen werden ca. 100.000 Stoffe beinahe täglich benutzt und ca. 7.000 Chemikalien technisch in großem Umfang eingesetzt. Zur letzten Gruppe gehören die Phthalsäureester, die zu 60 % als Weichmacher für Plastik verwendet werden, jedoch u.a. auch zur Herstellung von Farben, Lacken, Pestiziden und Schmiermitteln dienen.

Phthalate müssen als ubiquitär angesehen werden: sie sind z.B. im Plastikmaterial nicht polymerisiert, sondern gelöst enthalten und können in die Umgebungsluft diffundieren. Wenn für Trinkwasserleitungen Kunststoffrohre verwendet werden, können Phthalate auch im Trinkwasser auftreten.

AOX (Gruppenparameter zur summarischen Bestimmung halogenhaltiger organischer Verbindungen)

Im November 1989 wurden im Rahmen der zweiten Untersuchung bei den Proben der Brunnen 4 und 9 hohe AOX-Werte festgestellt (siehe Abbildung 12). Auch die AOX-Gehalte aller anderen Proben waren gegenüber der ersten Untersuchung im Oktober 1989 deutlich höher. Zur Orientierung werden für Grundwasser Klassifizierungskriterien bezüglich der AOX-Gehalte angegeben (nach KERNDORFF et al., 1985):

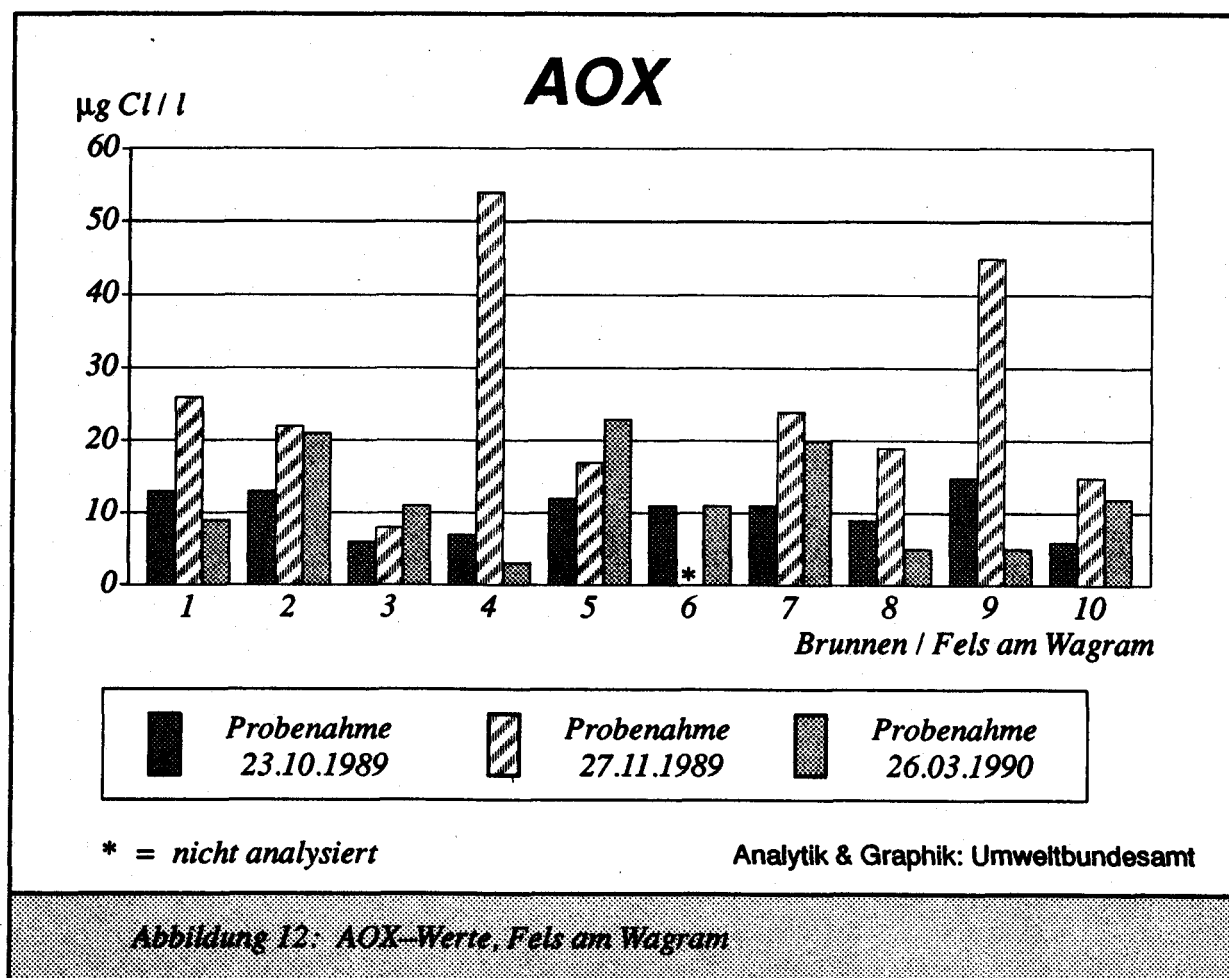
- * AOX-Werte bis $10 \mu\text{g Cl/l}$ repräsentieren den Background; das heißt, eine Aufschlüsselung der Ursachen für AOX-Konzentrationen $< 10 \mu\text{g Cl/l}$ ist derzeit nicht möglich.
- * Der AOX-Bereich von $10 \mu\text{g Cl/l}$ bis $20 \mu\text{g Cl/l}$ zeigt eine Beeinflussung an, welche keiner konkreten Emissionsquelle zuzuordnen ist.
- * Bei AOX-Werten ab $20 \mu\text{g Cl/l}$ ist eine deutliche Beeinflussung ersichtlich, wobei bis zu $60 \mu\text{g Cl/l}$ eine relativ schwache, aber punktförmige Emissionsquelle in Betracht gezogen werden kann.
- * AOX-Konzentrationen von ca. $60 - 300 \mu\text{g Cl/l}$ können mit einiger Sicherheit spezifischen Emissionsquellen zugeordnet werden, welche sich auch in einiger Entfernung der Beobachtungsstelle befinden können.
- * Bei AOX-Konzentrationen über $300 \mu\text{g Cl/l}$ ist eine starke Grundwasserkontamination ersichtlich. In der Nähe von Depo-nien konnten bis zu $6.000 \mu\text{g Cl/l}$ nachgewiesen werden.

In den Proben der Brunnen 1, 2, 4, 5, 7 und 9 wurden AOX-Gehalte über 20 µg Cl/l festgestellt.

Für das Auftreten von organischen Halogenverbindungen im Grundwasser könnten insbesondere die Putzerei, eine Schmiede, sowie die Tankstelle und KFZ-Werkstätte als mögliche anthropogene Verunreinigungsquellen in Betracht kommen.

Organohalogene können jedoch auch - allerdings in geringen Konzentrationen - durch natürliche Halogenierung von organischen Stoffen (z.B. Fulvinsäuren) entstehen (GRIMVALL, 1990).

Aufgrund der geographischen Lage der einzelnen Brunnen und der Grundwasserströmungsverhältnisse in diesem Gebiet ist jedenfalls auszuschließen, daß die erhöhten AOX-Werte durch einen einzigen Emittenten hervorgerufen werden.



CKW (Chlorkohlenwasserstoffe)

In sämtlichen Grundwasserproben wurden halogenierte, organische Lösungsmittel nachgewiesen. Es treten vor allem Perchlorethylen und Chloroform auf, aber auch Trichlorethylen und 1,1,1-Trichlorethan wurden in Spuren gefunden.

Chlorkohlenwasserstoffe werden im wesentlichen zur Oberflächenreinigung und Entfettung bei der Metallverarbeitung sowie bei der Textilreinigung verwendet. Sie kommen ferner als Hilfsstoffe in Gummi, Lacken, Druckfarben, Feuerlöschmitteln, Frostschutzmitteln und in Hygieneartikeln als Desinfektion zur Anwendung (HOV-Buch, 1987).

Chloroform wurde bis 1950 überwiegend als Lösungsmittel eingesetzt, wird aber wegen seiner toxikologischen Eigenschaften nicht mehr oft verwendet.

Da 1,1,1-Trichlorethan ein hervorragendes Lösungsmittel für Öle, Fette, Wachse, Harze, Teer und verschiedene Kunststoffe ist, ergibt sich eine breite Anwendungspalette. Wegen seiner geringen Toxizität, seinem hohen Lösungsvermögen, seiner niedrigen Verdampfungswärme und seiner gefahrlosen Anwendbarkeit wird es häufig als Lösungsmittel eingesetzt - z.B. zur Reinigung und Entfettung von Metalloberflächen, speziell zur Kaltreinigung von Maschinen, Motoren, Karosserieblechen, Werkstücken und Instrumenten, aber auch von elektronischen Bauteilen, sowie Kunststoffen und Filmen. Spezielle stabilisierte Qualitäten von 1,1,1-Trichlorethan werden in neuerer Zeit auch in der Textilreinigung eingesetzt, andere in der Farben-, Lack- und Klebeindustrie.

Trichlorethylen (Tri, Trichlorethen) besitzt ein ausgezeichnetes Lösungsvermögen für Fette und fettähnliche Substanzen und wird hauptsächlich bei der Metallentfettung, in der chemischen Reinigung, sowie als Lösungsmittel für Farben und Lacke verwendet.

Bei der chemischen Reinigung mit Perchlorethylen (Per, Tetrachlorethen) quellen oder schrumpfen hydrophobe Textilfasern wie Wolle, Seide oder Acetatfasern nicht. Wegen seines guten Lösevermögens für Fette, Wachse und Öle und seiner Nichtbrennbarkeit wird Per gerne bei der Entfettung von Metallen angewendet. Es unterscheidet sich von den anderen im Gebrauch befindlichen, nicht entflammaren chlorierten Lösungsmitteln (Dichlormethan, 1,1,1-Trichlorethan und Trichlorethylen) durch seinen wesentlich höheren Siedepunkt und zeichnet sich durch besondere Stabilität gegenüber Leichtmetallen, insbesondere Aluminium und dessen Legierungen, sogar in Gegenwart von Aromaten aus.

In Gebieten mit metallverarbeitenden Betrieben und im Umfeld von Putzereien können deutlich erhöhte Gehalte an Tri- und Per im Grundwasser auftreten. Die in den untersuchten Hausbrunnen nachgewiesenen, relativ geringen Konzentrationen an chlororganischen Einzelverbindungen lassen aber keine Rückschlüsse auf einen bestimmten Emittenten zu.

Diffuse Verunreinigungen können z.B. durch Austritte aus Kanalisationen hervorgerufen werden, da diese für chlorierte Kohlenwasserstoffe nicht dicht sind. Punktuelle Belastungen des Grundwassers sind meist auf fahrlässiges Fehlverhalten bei Herstellung, Transport, Lagerung, Anwendung und Entsorgung von CKWs zurückzuführen. Grundwasserverunreinigungen durch Chlorkohlenwasserstoffe können oft noch lange nach Schadensfällen nachgewiesen werden.

Triazine

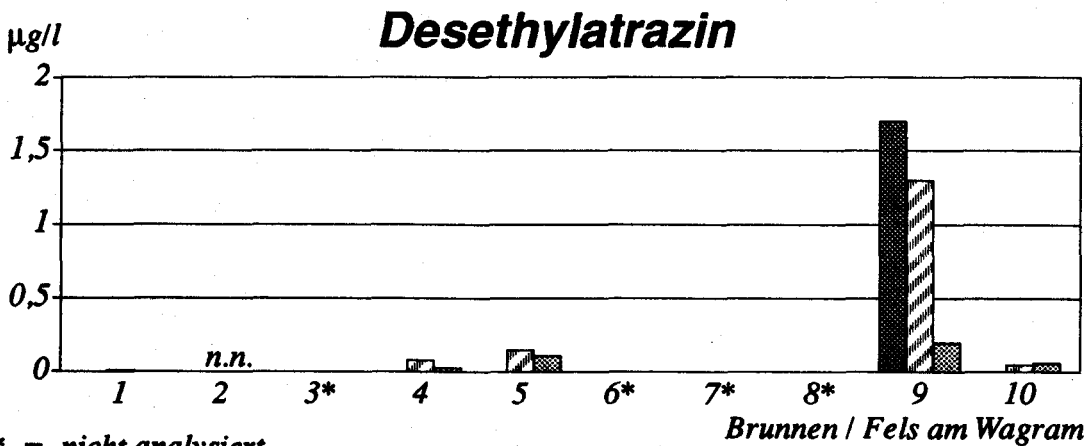
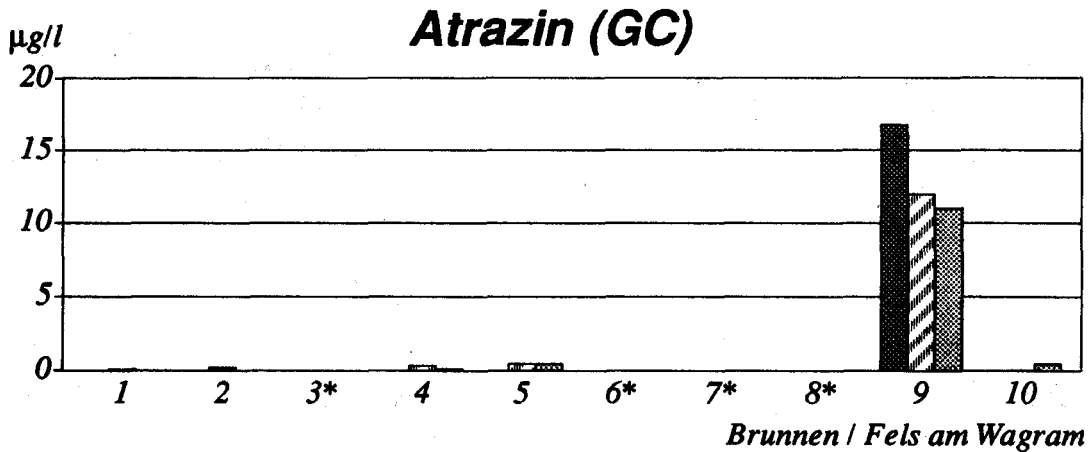
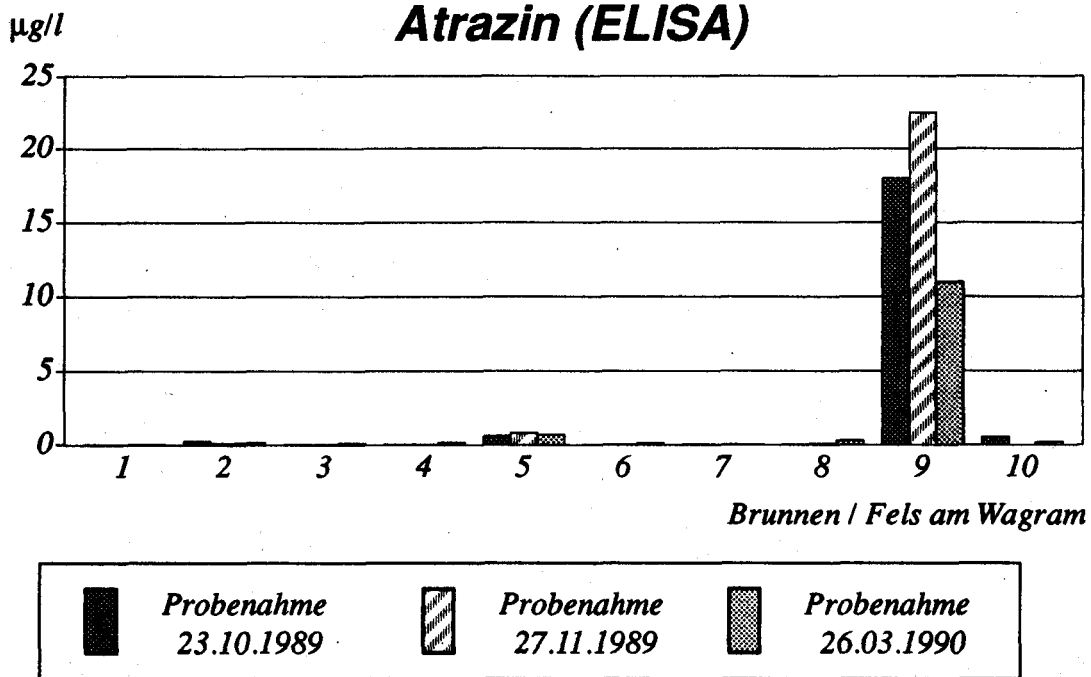
In der Abbildung 13 sind Atrazin- und Desethylatrazinkonzentrationen der untersuchten Grundwasserproben dargestellt.

Bei Betrachtung der Abbildung 13 fallen sofort die hohen Atrazin- (bis 16,8 µg/l) und Desethylatrazinkonzentrationen der Probe aus dem Brunnen 9 auf, die außerdem noch Simazin enthält. Dieses Ergebnis wurde zunächst mittels ELISA-Test gescreent und anschließend mit GC-NPD und GC-MS quantitativ bestimmt. In allen anderen Proben liegen die Atrazingehalte unter 0,6 µg/l (Grenzwert: 2 µg/l).

Atrazin wird als selektives Herbizid vorwiegend in Mais- und Spargelkulturen, in Obstplantagen und im Weinbau angewendet. Die Dosierung beträgt bei Anwendung in der Landwirtschaft 1 kg Wirkstoff/ha und Jahr (meist Voraufspritzungen einmal im Jahr). Die Mobilität von Atrazin wird vor allem von der Mächtigkeit und der Beschaffenheit der oberen Bodenschichten, besonders von deren Ton- und Humusgehalt bestimmt. Atrazin wird an Ton und organisches Material stark adsorbiert, was zwar die Auswaschung in das Grundwasser vermindert, aber die phytotoxische Wirkung länger in den durchwurzelten Bodenbereichen erhält. Die Halbwertszeit im Boden beträgt maximal ein Jahr, im Grundwasser ca. 7,5 Jahre. Beim Atrazinabbau entstehen Metaboliten, über deren weiteren Zerfall bzw. deren öko- sowie humantoxische Wirkungen nur beschränkte Kenntnisse vorliegen (Bodenschutzkonzept/UMWELT-BUNDESAMT, 1988).

Generell kann gesagt werden, daß insbesondere Atrazin sowie teilweise auch Simazin bereits häufig in Grund-, Quell- und Brunnenwässern gefunden werden. Die Gehalte des Metaboliten Desethylatrazin lagen bei deutschen Untersuchungen zum Teil noch höher als die entsprechenden Werte von Atrazin.

Sehr hohe Konzentrationen wie in der Probe des Brunnen 9 sind wahrscheinlich auf unsachgemäße Handhabung von Spritzmitteln zurückzuführen.

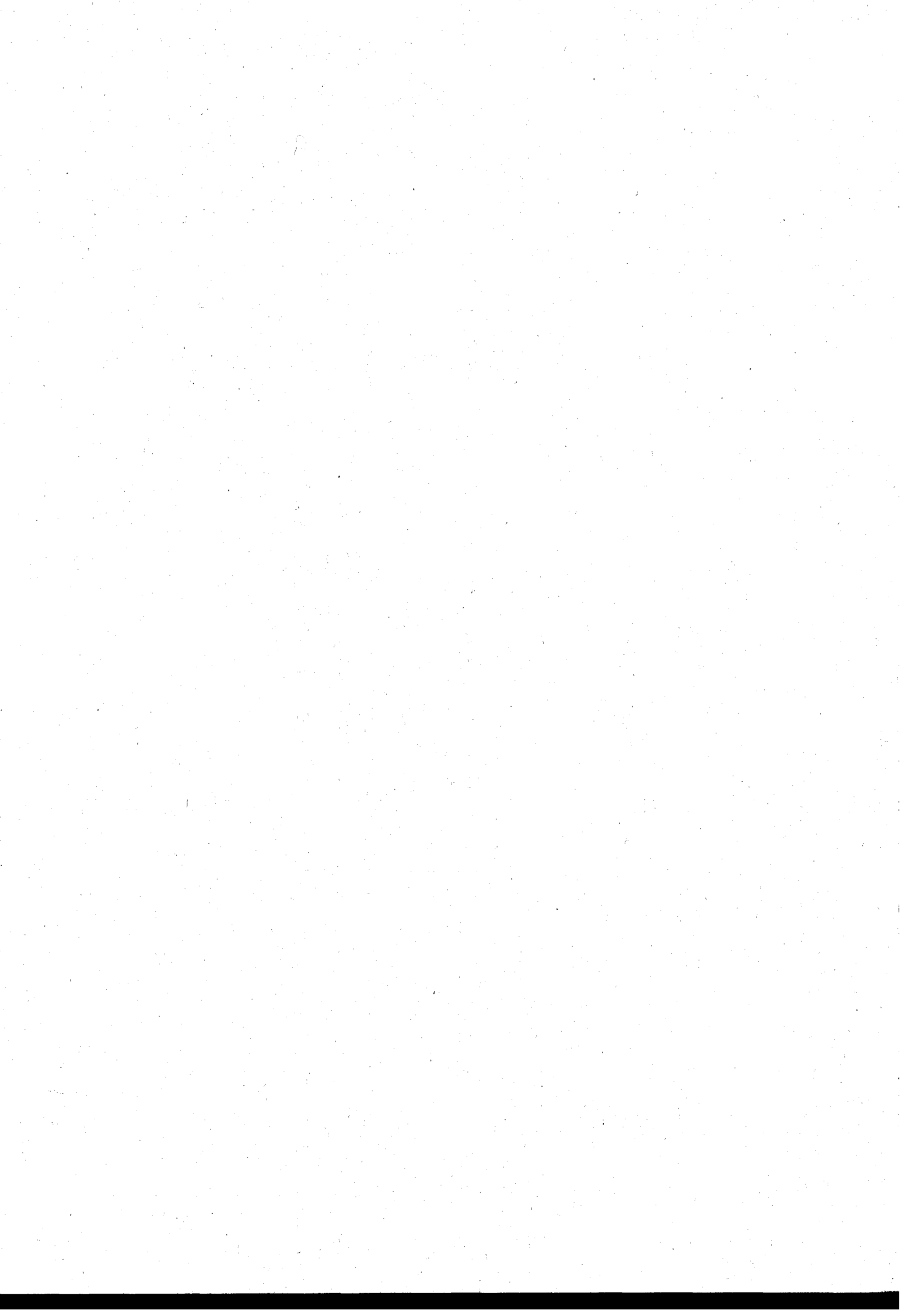


* = nicht analysiert

n.n. = nicht nachweisbar

Analytik & Graphik: Umweltbundesamt

Abbildung 13: Atrazinwerte (ELISA bzw. GC) und Desethylatrazinwerte, Fels am Wagram



6. ANHANG

Methodenverzeichnis

1) Benzol, Toluol, Xylol

Analysenparameter

Gerät:

GC: Perkin Elmer 8500 mit HS-6

Trennsäulen: DBWAX 30 m, 0,53 mm ID, 1,0 μm

RTX-5 30 m, 0,53 mm ID, 1,5 μm

Trägergas: Stickstoff, 22 ml/min

Temperaturprogramm: 40 - 10 min isotherm

40/5/70

70/25/200

Injektortemperatur: 200 $^{\circ}\text{C}$

Detektortemperatur: 220 $^{\circ}\text{C}$

Ofentemperatur: Headspace 80 $^{\circ}\text{C}$

Dosierzeit: 0,5 min

Detektor: FID

Brenngase: Wasserstoff, 35 ml/min

synthetische Luft, 280 ml/min

Arbeitsvorschrift

Die Proben werden direkt in headspace-Fläschchen abgefüllt und nach der Gleichgewichtseinstellung analysiert.

2) CKW-Bestimmung

Analyse nach DIN 38407/Teil 5

Geräteeinstellung

GC:	Carlo Erba GC 5300
Säulen:	DB1, 60 m, 1 μ m DB5, 60 m, 1 μ m
Programm:	35/3/40 - 10 min isotherm 40/4/90 90/8/260
Trägergas:	He, 1,1 bar Split 6 ml/min
Injektor:	150 °C
Detektor:	240 °C
Headspace:	1,4 bar carrier 1,2 bar aux
Thermostatisieren:	1 Stunde bei 60 °C

Bestimmungsgrenzen in ppb

1,1-Dichlorethylen	2,0
Chloroform	0,3
1,1,1-Trichlorethan	0,07
1,2-Dichlorethan	10,0
Tetrachlorkohlenstoff	0,03
1,2-Dichlorpropan	13,0
Trichlorethylen	0,1
Bromdichlormethan	0,1
1,1,2-Trichlorethan	2,0
Dibromchlormethan	0,16
Perchlorethylen	0,03
1,4-Dichlorbutan	110
1,2,3-Trichlorpropan	9
1,4-Dichlorbenzol	7
1,2-Dichlorbenzol	4
1,2,3-4-Tetrachlorbutan	7

3) ELISA

Gerät: Behring Processor 2

Arbeitsvorschrift

- a) In die Kavitäten der Titerplatte werden jeweils 80 μ l der Eichlösungen und 80 μ l der Grundwasserproben (ohne weitere Aufbereitung) pipettiert.
- b) Danach wird in jede mit Eichlösung bzw. mit Probe beschickte Kavität in gleicher Reihenfolge 80 μ l Atrazin-Enzym-Konjugat-Lösung dazugegeben. Die Mikrotiterplatte wird zur Vermeidung von Verdunstungen mit Parafilm abgedeckt.
- c) Nach einer Inkubationszeit von 60 Minuten wird die Parafilmabdeckung entfernt, die Reaktionsflüssigkeit ausgeschüttet und die Kavitäten mit kühlem, destilliertem Wasser fünfmal ausgewaschen.
- d) In der gleichen Reihenfolge wie unter a) erfolgt eine Zugabe von 80 μ l Substrat und anschließend von 40 μ l Chromogen. Die Platte wird wiederum mit Parafilm abgedeckt.
- e) In dreißig Minuten Inkubationszeit bei Raumtemperatur und Durchmischung entwickelt sich je nach Triazinkonzentration eine Blaufärbung.
- f) Nach Ablauf der Inkubationszeit wird die enzymatische Reaktion durch Zugabe von 40 μ l Stop Solution (H_2SO_4) in der üblichen Reihenfolge beendet. Die Farbe schlägt in gelb um.
- g) Die Platte wird im Mikrotiterplattenphotometer bei 450 nm gemessen. Die Nulleinstellung des Gerätes erfolgt gegen destilliertes Wasser. Zur Auswertung wird der prozentuelle Anteil des spektralen Absorptionsmaßes im Verhältnis zum Blindwert herangezogen.

4) Atrazinanalyse

Anreicherung

Festphasenextraktion mit C-18-Säulchen; Elutionsmittel Methanol

Analytik

Gaschromatographie mit NP-Detektor auf zwei Säulen

Geräteeinstellung

Säule 1:	DB 1301, 30 m, 0,25 μ m
Temperaturprogramm:	90/8/180 4 min isotherm 180/10/250 10 min isotherm
Säule 2:	DX 4, 30 m, 0,25 μ m
Temperaturprogramm:	90/15/230 10 min isotherm
Trägergas:	Helium, 3 ml/min
Injektor:	240 °C
Detektor:	NPD, 290 °C
Bestimmungsgrenze:	10 ppt Atrazin 15 ppt Desethylatrazin

5) GC/MS-Screening

Probenvorbereitung

900 ml Probe wurde zuerst mit 3 ml, dann mit 1 ml Hexan extrahiert, die beiden Extrakte vereinigt, getrocknet und im Stickstoffstrom auf 50 μ l eingengt. Von dieser Lösung wurden je 1 μ l injiziert.

Analysenparameter

GC/FID:

GC: Carlo Erba Mega 5300
Säule: DB-5, 30 m, 0,32 mm, 0,25 μ m
Temperaturprogramm: 80/8/250/12/300(10)
Injektor: split/splitless, 260 °C, 1 min
splitless
Detektor: FID, 280 °C
Trägergas: He, 4 ml/min

GC/ECD:

GC: Carlo Erba Mega 5300
Säule: DB-5, 30 m, 0,32 mm, 0,25 μ m
Temperaturprogramm: 80/8/250/12/300(10)
Injektor: split/splitless, 260 °C, 1 min
splitless
Detektor: ECD, 280 °C
Trägergas: He, 4 ml/min

GC/MS:

GC:	Carlo Erba Mega 5260
Säule:	SE-52, 0,25 mm, 0,25 μ m
Temperaturprogramm:	60(1)/7/270(29)
Injektor:	split/splitless, 265 °C, 1 min splitless
Interface:	275 °C, direkte Kopplung
Trägergas:	He, 7,5 ml/min
Massenspektrometer:	Finnigan MAT 90
Elektronenenergie:	70 eV
Beschleunigungsspannung:	5 kV
Massenbereich:	35 - 500 amu
Scangeschwindigkeit:	0,5 s/Decade

6) GC/IRD/MSD-Screening

Der Gesamtextrakt (siehe Punkt 3.3.1. und 4.2.) wurde auf 250 μ l eingengt; 2 μ l der Probe wurden injiziert.

Geräteparameter

GC-FID-Screening:

GC: Perkin Elmer 8300
Säule: RT-5, 30 m, 0,53 mm ID, 1,5 μ m
Temperaturprogramm: 60 - 5 min isotherm
60/4/260
260 - 5 min isotherm
Injektor: split/splitless, 270 $^{\circ}$ C
splitless
Detektor: FID 380 $^{\circ}$ C
Trärgas: Stickstoff, 12 ml/min

GC-IRD-MSD-Screening:

GC: HP 5890
Säule: DB-5, 30 m, 0,25 mm ID, 0,25 μ m
Temperaturprogramm: 120 - 5 min isotherm
120/5/250
250 - 8 min isotherm
Trärgas: Helium, 2 ml/min

IRD: HP 5965 B
Detektor: MCT
Transferleitung: 260 $^{\circ}$ C
Resolution: 8 cm^{-1}
Wellenzahl: 4000 - 600 cm^{-1}

MSD:	HP 5971 A
Transferleitung:	260 °C
Elektronenenergie:	70 eV
Ionenquelle:	280 °C
Massenbereich:	70 - 450 amu
Scangeschwindigkeit:	1,3 s/Decade

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Lage der Marktgemeinde Fels am Wagram am nördlichen Rand des Tullner Feldes/NÖ	8
Abbildung 2: Grundwasserschichtenlinien vom 2. Juli 1990, Fels am Wagram	13
Abbildung 3: ECD-Screening der Probe des Brunnen 1	73
Abbildung 4: FID-Screening der Probe des Brunnen 1	73
Abbildung 5: IR-Spektrum der Probe aus dem Brunnen 1 (Bereich $3.150 - 2.750 \text{ cm}^{-1}$)	75
Abbildung 6: GC-MSD-Chromatogramm der Probe des Brunnen 1, Probenahme 2. Juli 1990	77
Abbildung 7a: MS-Spektrum von DBP, Probe des Brunnen 1, Probenahme 2. Juli 1990	78
Abbildung 7b: Vergleichsspektrum von DBP	78
Abbildung 8a: MS-Spektrum von DEHP, Probe des Brunnen 1, Probenahme 2. Juli 1990	78

Abbildung 8b:	Vergleichsspektrum von DEHP	78
Abbildung 9a:	Charakteristisches IR-Spektrum von Phthalaten am Beispiel von DBP, Probe des Brunnen 1, Probenahme 2. Juli 1990	79
Abbildung 9b:	GC-Chromatogramm mit IRD-Detektion, Probe des Brunnen 1, Probenahme 2. Juli 1990	79
Abbildung 10:	Kaliumwerte, Fels am Wagram	83
Abbildung 11:	Nitrat- und Sulfatwerte, Fels am Wagram	85
Abbildung 12:	AOX-Werte, Fels am Wagram	91
Abbildung 13:	Atrazinwerte (ELISA bzw. GC) und Desethylatrazinwerte, Fels am Wagram	95

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Grundwasserstände vom 2. Juli 1990, Fels am Wagram	11
Tabelle 2: Parameter, Methoden, Geräte	18
Tabelle 3: Verfahren zur Bestimmung des Summenparameters Kohlenwasserstoffe (KW) (KOLLOCH, 1990)	20
Tabelle 4: Kohlenwasserstoffe, Ergebnisse nach unterschiedlichen Verfahren (BORTLISZ, 1985)	21
Tabelle 5: Brunnen 1, Untersuchungsergebnisse	31
Tabelle 6: Brunnen 2, Untersuchungsergebnisse	35
Tabelle 7: Brunnen 3, Untersuchungsergebnisse	39
Tabelle 8: Brunnen 4, Untersuchungsergebnisse	43
Tabelle 9: Brunnen 5, Untersuchungsergebnisse	47
Tabelle 10: Brunnen 6, Untersuchungsergebnisse	51

Tabelle 11:	Brunnen 7, Untersuchungsergebnisse	55
Tabelle 12:	Brunnen 8, Untersuchungsergebnisse	59
Tabelle 13:	Brunnen 9, Untersuchungsergebnisse	63
Tabelle 14:	Brunnen 10, Untersuchungsergebnisse	67
Tabelle 15:	Calcium- und Magnesiumwerte, Mittelwerte aus zwei Untersuchungen	82

Literaturverzeichnis

BORTLISZ J. (1985)

Gewässerschutz, Wasser, Abwasser (GWA) 79, S. 290

GRIMVALL A., ASPLUND G., BOREN H., JONSSON S. (1990)

Department of Water and Environmental Studies, Linköping University, Sweden, Mitteilung 1990

HOV-Buch (1987)

Halogenorganische Verbindungen in Wässern; Forschungsbericht Wasserwirtschaft 10204323, im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin. Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker unter Leitung von Prof. Dr. K.-E. Quentin

KERNDORFF H., BRILL V., SCHLEYER R., FRIESEL P., MILDE G. (1985)

Erfassung Grundwassergefährdender Altablagerungen. Wasser, Boden, Luft 5/1985

KOLLOCH B. (1990)

Beitrag zum Lehrgang Nr. 12382/12.065 "Abwasseranalytik" 7. - 8. Mai 1990, TA Esslingen

KOPPE P., STOZEK A. (1986)

Kommunales Abwasser, Vulkan Verlag, Essen

KÜHN W., FUCHS F., SONTHEIMER H. (1977)

Untersuchungen zur Bestimmung des organisch gebundenen Chlors mit Hilfe eines neuartigen Anreicherungsverfahrens. Z. Wasser, Abwasser, Forschung/6, 192 - 194

ÖSTERREICHISCHES LEBENSMITTELBUCH (1989)

III. Auflage, Kapitel B 1 "Trinkwasser", Bundeskanzleramt

PIFFL L. (1964)

Der Wagram des Tullner Beckens. Verh. Geol. B.-A., Wien

QUENTIN K.-E. (1988)

Trinkwasser (Untersuchung und Beurteilung von Trink- und Schwimmbadwasser), Springer Verlag

SCHÖLLER F. (1981)

Der Borgehalt in den Gewässern Niederösterreichs. Österreichische Wasserwirtschaft Jg. 33, Heft 1/2

THENIUS E. (1974)

Niederösterreich. Verh. Geol. B.-A., Wien

UMWELTBUNDESAMT (1988)

Naturwissenschaftlicher Problem- und Zielkatalog zur Erstellung eines österreichischen Bodenschutzkonzeptes. Wien (Monographie ISBN-3-85457-015-5)